



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
FACULDADE DE MEDICINA DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
SAÚDE, AMBIENTE E TRABALHO



**MEDIDAS DE ÓXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O) EMITIDO POR  
CULTURAS DE MAMONA E GIRASSOL PARA  
PRODUÇÃO DO AGRO DIESEL E POTENCIAL  
CONTRIBUIÇÃO PARA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

**RODOLFO ROJAS GUARÍN**

**Dissertação de Mestrado**

**Salvador (Bahia), 2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Ficha catalográfica.**

Universidade Federal da Bahia - Faculdade de Medicina da Bahia – Biblioteca

G915m Guarín, Rodolfo Rojas.

Medidas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) emitido por culturas de Mamona e Girassol para produção do agro diesel e potencial contribuição para as mudanças climáticas. / Rodolfo Rojas Guarín. – Salvador, 2010. viii, 120p.: il.

Professor-orientador: Tania Mascarenhas Tavares.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho da Faculdade de Medicina da Bahia da Universidade Federal da Bahia.

1. Gases do efeito estufa. 2. Agro diesel. 3. Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O). 4. Produção Agrícola. I. Universidade Federal da Bahia II. Título.

CDU: 614:546.172



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**FACULDADE DE MEDICINA DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**SAÚDE, AMBIENTE E TRABALHO**



**MEDIDAS DE ÓXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O) EMITIDO POR CULTURAS  
DE MAMONA E GIRASSOL PARA PRODUÇÃO DO AGRO DIESEL E  
POTENCIAL CONTRIBUIÇÃO PARA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Rodolfo Rojas Guarín

Professor-orientador: Tania Mascarenhas Tavares

Dissertação apresentada ao Colegiado do  
Curso de Pós-graduação em Saúde,  
Ambiente e Trabalho da Faculdade de  
Medicina da Universidade Federal da Bahia,  
como pré-requisito obrigatório para a  
obtenção do grau de Mestre em Saúde,  
Ambiente e Trabalho.

Salvador (Bahia), 2010

**Comissão Examinadora:**

**Magda Beretta**

**Professora Doutora**, Departamento de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica,  
Universidade Federal da Bahia

**Fernando Genz**

**Professor Doutor**, Departamento de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica,  
Universidade Federal da Bahia

**Tania Mascarenhas Tavares (Professora-Orientadora)**

Professora Doutora, Titular do Departamento de Química Analítica, Instituto de  
Química, Universidade Federal da Bahia

***DEDICATÓRIA***

*A Deus por esta grande oportunidade e maravilhosa experiência.  
A meus pais, Alcides e Maria, irmãos Alcides, Gevilis e Robinson, a minha  
namorada Carolina e a minha família pelo apoio, motivação, paciência e  
estímulos incondicionais a mim oferecidos.  
As minhas novas amizades brasileiras.*

## AGRADECIMENTOS

**A Profa. Dra. Tania Mascarenhas Tavares**, por me brindar a oportunidade de crescer academicamente, pela orientação, colaboração e críticas.

**Ao Prof. Dr. Fernando Carvalho Martins**, por sua constante cooperação.

**A doutoranda Carolina Wilches Arciniegas**, pelo companheirismo, preocupação, carinho, por estar ao meu lado em todos os momentos, por todo isto, meus sinceros agradecimentos.

**Ao Prof. Dr. Sergio Telles de Oliva**, pela orientação, amizade e colaboração.

**Ao Dr. Albertinho Carvalho**, por sua valiosa colaboração, orientação e por me brindar a oportunidade de trabalho na instalação laboratorial da **Fundacentro**, assim como o técnico em sistemas desta instituição.

**Ao LAQUAM**, que propiciou os conhecimentos analíticos e equipamentos.

**A Profa. Dra. Simone Alves Silva, Ronaldo Simão de Oliveira e Ebenezer Souza dos Santos**, do grupo de pesquisa “Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia – NBIO” da UFRB; por sua valiosa colaboração e oportunidade de trabalho no campo experimental de mamona.

**Ao Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos e Petterson Costa Conceição Silva**, do grupo de pesquisa “Manejo de nutrientes no solo e em plantas cultivadas”, por sua valiosa colaboração e oportunidade de trabalho no campo experimental de girassol.

**Ao Dr. Laercio Duarte Souza, Hélder Sampaio e Roque Francisco Barbosa**, por sua valiosa colaboração, oportunidade de trabalho na reserva natural da mata atlântica e explicações pertinentes. EMBRAPA-CNPMPF.

**A Senhora Lucia**, quem abriu as portas da sua casa para realizar o estudo em Aipim.

**A profa. Dra. Vania Campos**, por seus aportes durante minha qualificação.

**Ao Magno, técnico da Varian**, por facilitar pela ajuda.

**A Camila Carvalho e Diego Vasconcellos**, bolsistas de IC do PIBIC, por sua colaboração.

**A Simone Ferreira e Sara Almoedo**, por facilitar e explicar os diferentes processos no Laquam.

**Ao Jorge e Otilia**, por sua colaboração no dia a dia.

**Aos amigos (Joilma, Milena, Tadeu) e demais colegas do Laquam**, pelo apoio e amizade.

**A professora Rita Franco**, por seu apoio, preocupação e amizade.

**Aos colegas de mestrado**, pela amizade, solidariedade e colaboração.

**A Gustavo Fraga Uzeda**, por su colaboración y estímulo.

**A FAPESB e CNPQ**, pelo auxílio financeiro.

**A CAPES**, pela bolsa concedida.

**Ao ICETEX - Colômbia**, pelo empréstimo para estudos no exterior.

**Ao PPGSAT**, por me facilitar os trâmites legais, propiciando minha vinda para realizar o mestrado.

**A TODOS, MUCHAS GRACIAS.**

## SUMÁRIO

I.	RESUMO	15
II.	ABSTRACT	16
III.	RESUMEN	17
IV.	OBJETIVOS	18
V.	INTRODUÇÃO	19
VI.	REVISÃO DE LITERATURA	23
VI.1	O Ciclo do Nitrogênio	25
VI.1.1	O Nitrogênio como fator limitante nos ecossistemas	25
VI.1.2	Características do ciclo do nitrogênio	27
VI.1.3	Mecanismos de formação e emissão de N <sub>2</sub> O	29
VI.2.	Fatores que Afetam a Emissão de N <sub>2</sub> O	31
VI.2.1	O uso de fertilizantes nitrogenados	31
VI.2.2	O pH do solo	31
VI.2.3	A umidade do solo	32
VI.2.4	A disponibilidade do oxigênio	35
VI.2.5	O teor de matéria orgânica	35
VI.2.6	A temperatura do solo	35
VI.2.7	A textura do solo	35
VI.2.8	As plantas	36
VI.3	Sumidouro de N <sub>2</sub> O	36
VI.4	Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O) Como Gás Efeito Estufa (GEE)	39
VI.5	Origem dos Fertilizantes Nitrogenados	43
VI.6	Agroecossistemas e Emissões de N <sub>2</sub> O	47
VI.6.1	Solos florestais	48
VI.6.2	Pastagens	49
VI.6.3	Emissões aquáticas de N <sub>2</sub> O.	52
VI.6.4	Emissões humanas de N <sub>2</sub> O.	53
VI.7	Emissões Diretas de N <sub>2</sub> O a Partir de Sistemas Agrícolas no Brasil.	54
VI.7.1	Biodiesel e culturas relacionadas	57
VI.7.2	Produção de biodiesel a partir de óleo de mamona	59
VI.8	Métodos de Medição das Emissões de N <sub>2</sub> O	61
VI.8.1	Coleta de N <sub>2</sub> O	61
VI.8.1.1	Método de cobertura do solo	61
VI.8.1.2	Técnicas micrometeorológicas	63
VI.8.1.3	Amostradores passivos	65
VI.8.2	Detecção do N <sub>2</sub> O	66
VI.8.2.1	Técnica de cromatografia gasosa (CG)	66
VI.8.2.2	Técnicas ópticas	67
VII.	METODOLOGIA	68
VII.1	Local de Amostragem	68
VII.2	Técnica de Amostragem	68



VII.2.1	Aperfeiçoamento da técnica de amostragem	70
VII.3	Método cromatográfico	71
VII.3.1	Validação do método	72
VII.3.1.1	Linearidade da curva analítica de calibração	72
VII.3.1.2	Precisão	75
VII.3.1.3	Limite de detecção (LD)	76
VII.3.1.4	Limite de quantificação (LQ)	77
VII.4	Determinação do Fluxo de N <sub>2</sub> O	77
VII.4.1	Variabilidade diurna dos fluxos de N <sub>2</sub> O	78
VII.4.2	Variabilidade temporal dos fluxos de N <sub>2</sub> O	79
VII.5	Cultura de Mamona ( <i>Ricinus communis</i> )	81
VII.5.1	Subáreas de estudo	87
VII.6	Cultura de Girassol ( <i>Helianthus annuus</i> )	89
VII.6.1	Subáreas de estudo	91
VII.7	Cultura de Aipim ( <i>Manihot esculenta Crantz</i> )	93
VII.7.1	Subáreas de estudo	95
VII.8	Floresta	97
VII.8.1	Subáreas de estudo	99
VII.9.	Amostragem do Solo.	99
VII.10.	Análises Estatísticas	100
VIII.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
VIII.1	Caracterização Climatológica da Zona de Estudo	103
VIII.2	Emissão Diurna de N <sub>2</sub> O na cultura de mamona ( <i>Ricinus communis</i> )	105
VIII.2.1	Estudo da variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O.	105
VIII.2.2	Características físico-químicas do solo na cultura de mamona	111
VIII.2.3	Variabilidade temporal dos fluxos de N <sub>2</sub> O na cultura de mamona	115
VIII.2.4	Análises estatísticas	118
VIII.3	Emissão Diurna de N <sub>2</sub> O na cultura de Girassol ( <i>Helianthus annuus</i> )	122
VIII.3.1	Estudo da variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O.	122
VIII.3.2	Características físico-químicas do solo na cultura de girassol.	126
VIII.3.3	Variabilidade temporal dos fluxos de N <sub>2</sub> O na cultura de girassol.	128
VIII.3.4	Análises estatísticas	131
VIII.4	Emissão Diurna de N <sub>2</sub> O na cultura de de Aipim ( <i>Manihot esculenta Crantz</i> )	133
VIII.4.1	Estudo da variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O.	133
VIII.4.2	Características físico-químicas do solo na cultura de aipim.	136
VIII.4.3	Variabilidade temporal dos fluxos de N <sub>2</sub> O na cultura de aipim	138
VIII.4.4	Análises estatísticas	141
VIII.5	Emissão Diurna de N <sub>2</sub> O no Remanescente de Mata Atlântica	144
VIII.5.1	Estudo da variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O	144
VIII.5.2	Características físico-químicas do solo na floresta	148
VIII.5.3	Variabilidade temporal dos fluxos de N <sub>2</sub> O na floresta	149
VIII.5.4	Análises estatísticas	151
VIII.6	Comparação da Emissão de N <sub>2</sub> O das Áreas Avaliadas	154
VIII.7	Avaliação da Contribuição Estadual e Nacional nas Emissões de N <sub>2</sub> O.	157
VIII.8	Reflectância dos Solos	160
IX.	CONCLUSÕES	167

X.	RECOMENDAÇÕES	169
XI.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	170

## **ANEXOS**

<b>ANEXO A</b>	Emissões de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) provenientes de solos agrícolas, estimativas Brasil, 1989-1995.
<b>ANEXO B</b>	Dados Climatológicos da Zona de Estudo.
<b>ANEXO C</b>	Ficha de Campo, Leituras e Cálculos de Fluxos de N <sub>2</sub> O. Cultura de Mamona.
<b>ANEXO D</b>	Estatísticas dos Dados da Cultura de Mamona.
<b>ANEXO E</b>	Ficha de Campo, Leituras e Cálculos de Fluxos de N <sub>2</sub> O. Cultura de Girassol.
<b>ANEXO F</b>	Estatísticas dos Dados da Cultura de Girassol.
<b>ANEXO G</b>	Ficha de Campo, Leituras e Cálculos de Fluxos de N <sub>2</sub> O. Cultura de Aipim.
<b>ANEXO H</b>	Estatísticas dos Dados da Cultura de Aipim.
<b>ANEXO I</b>	Ficha de Campo, Leituras e Cálculos de Fluxos de N <sub>2</sub> O. Floresta.
<b>ANEXO J</b>	Estatísticas dos Dados da Floresta.

## ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS, QUADROS E TABELAS

### FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b>	Aumento do óxido nitroso nos últimos 1000 anos.	20
<b>FIGURA 2.</b>	Fertilidade do solo brasileiro.	21
<b>FIGURA 3.</b>	O Ciclo do Nitrogênio.	27
<b>FIGURA 4.</b>	Processo de nitrificação no solo.	30
<b>FIGURA 5.</b>	Processo de desnitrificação no solo.	30
<b>FIGURA 6.</b>	Condições físicas no solo com EPSA de 60%.	32
<b>FIGURA 7.</b>	Representação do ciclo do nitrogênio em matriz aeróbica e anaeróbica no solo.	33
<b>FIGURA 8.</b>	Modelo da relação entre o EPSA e fluxos relativos de N <sub>2</sub> O e N <sub>2</sub> .	34
<b>FIGURA 9.</b>	Distribuição vertical de N <sub>2</sub> O no período 1987-1998.	37
<b>FIGURA 10.</b>	Emissão global de gases do efeito estufa antropogênicos em 2004.	41
<b>FIGURA 11.</b>	Emissões de gases do efeito estufa por setor entre 1990-2004.	42
<b>FIGURA 12.</b>	Síntese de amônio através do processo Haber-Bosch.	43
<b>FIGURA 13.</b>	Estimativa da entrada de N nos sistemas agrícolas, período 1900-2020.	45
<b>FIGURA 14.</b>	Estimativa global de N <sub>2</sub> O a partir dos sistemas de produção alimentar, período 1990-2020.	46
<b>FIGURA 15.</b>	Entradas de N nos ecossistemas aquáticos.	52
<b>FIGURA 16.</b>	Distribuição estadual das emissões totais de N <sub>2</sub> O no Brasil.	56
<b>FIGURA 17.</b>	Distribuição regional das culturas oleaginosas no Brasil.	58
<b>FIGURA 18.</b>	Detalhe da câmara estática e vista instalada em campo para coleta.	69
<b>FIGURA 19.</b>	Vista geral dos cromatogramas dos padrões de N <sub>2</sub> O (a,b) e picos obtidos por padrão (c).	74
<b>FIGURA 20.</b>	Cultura de mamona (a), subáreas fileira (b), entrelinha (c) e sulco compactado (d).	85
<b>FIGURA 21.</b>	Esquema do sistema de plantio em cova (fileira) da cultura de mamona (a), e detalhe das subáreas identificadas fileiras e entrelinha (b).	86
<b>FIGURA 22.</b>	Esquema da localização espacial das câmaras estáticas no campo de mamona (a), e vista em detalhe da localização das câmaras nas subáreas (b).	88
<b>FIGURA 23.</b>	Preparo convencional de solo para semeadura de girassol em fileira (sulco de plantio) (a, b, c, d) e plantação de girassol de 3 meses de idade (e, f).	90
<b>FIGURA 24.</b>	Esquema do sistema de plantio em sulco (fileira) da cultura de girassol (a), vista em perfil das subáreas identificadas (b).	91
<b>FIGURA 25.</b>	Esquema da localização espacial das câmaras estáticas no campo de girassol (a), e vista em detalhe em perfil das câmaras nas subáreas (b).	92
<b>FIGURA 26.</b>	Cultura de aipim (a, b, c). Subárea fileira (cova) e entrelinha (d,e).	94
<b>FIGURA 27.</b>	Esquema do sistema de plantio em covas (fileira) da cultura de aipim (a), vista em perfil das subáreas identificadas (b).	94
<b>FIGURA 28.</b>	Esquema da localização espacial das câmaras estáticas no campo de aipim (a), e vista em detalhe da localização das câmaras nas subáreas (b)..	96
<b>FIGURA 29.</b>	Vista da Reserva natural (a, b) e acesso aos locais de amostragem (c, d, e, f).	97
<b>FIGURA 30.</b>	Cultura de mamona (a, b), instalação das bases metálicas na fileira (c, d) e localização das câmaras estáticas (e).	105
<b>FIGURA 31.</b>	Localização das câmaras estáticas (f, g, h, i).	106
<b>FIGURA 32.</b>	Cultura de mamona, subárea entrelinha (a, b, c), instalação da base metálica em sulco compactado (d, e) e coleta e armazenamento de solo (f, g, h).	107
<b>FIGURA 33.</b>	Coleta de solo e armazenamento (i, j), localização da câmara estática (k, l, m, n, o).	108
<b>FIGURA 34.</b>	Cultura de girassol (a, b) e identificação das subáreas fileira e entrelinha (c, d).	122
<b>FIGURA 35.</b>	Localização e instalação das bases metálicas a 10 cm de profundidade nas fileiras e entrelinha (e, f, g, h) e coleta de solo (i,j).	123

<b>FIGURA 36.</b>	Localização das câmaras estáticas nas subáreas de fileira e entrelinha do campo de girassol (k, l, m, n, o, p).	124
<b>FIGURA 37.</b>	Vista geral da cultura de aipim (a, b), subáreas de covas de plantio e entrelinha (c, d, e) e coleta de solo (f, g, h).	133
<b>FIGURA 38.</b>	Localização das câmaras estáticas (i, j, k, l, m, n, o, p, q).	134
<b>FIGURA 39.</b>	Reserva natural remanescente de mata atlântica de transição (a, b); acesso aos locais de coleta (c, d, f).	144
<b>FIGURA 40.</b>	Instalação das bases metálicas das câmaras estáticas (g, h, i), coleta de solo (j, k, l, m, n, o, p), localização das câmaras estáticas (q, r, s, t, u, v).	145
<b>FIGURA 41.</b>	Localização das câmaras estáticas (w, x).	146

### GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1.</b>	Curvas analíticas de calibração típicas na determinação de N <sub>2</sub> O.	73
<b>GRÁFICO 2.</b>	Precipitação e temperatura média anual em Cruz das Almas, 2009	103
<b>GRÁFICO 3.</b>	Precipitação total e temperatura média em Cruz das Almas, novembro-dezembro, de 2009.	104
<b>GRÁFICO 4.</b>	Fluxos de N <sub>2</sub> O e temperaturas registradas no estudo da variabilidade diurna, na cultura de mamona.	109
<b>GRÁFICO 5.</b>	Fluxos diários de N <sub>2</sub> O nos períodos de menor e maior emissão na cultura de mamona.	117
<b>GRÁFICO 6.</b>	Perfil das temperaturas durante os períodos de menor e maior emissão de N <sub>2</sub> O na cultura de mamona.	118
<b>GRÁFICO 7.</b>	Correlação fluxo de N <sub>2</sub> O, temperatura ambiente e do solo na subárea fileira, cultura de mamona.	120
<b>GRÁFICO 8.</b>	Correlação fluxo de N <sub>2</sub> O, temperatura ambiente e do solo na subárea entrelinha, cultura de mamona.	120
<b>GRÁFICO 9.</b>	Correlação fluxo de N <sub>2</sub> O e umidade do solo nas subáreas, cultura de mamona	121
<b>GRÁFICO 10.</b>	Variabilidade diurna dos fluxos de N <sub>2</sub> O e temperaturas na cultura de girassol.	125
<b>GRÁFICO 11.</b>	Fluxos diários de N <sub>2</sub> O nos períodos de menor e maior emissão na cultura de girassol.	129
<b>GRÁFICO 12.</b>	Perfil das temperaturas durante os períodos de menor e maior emissão de N <sub>2</sub> O na cultura de girassol.	130
<b>GRÁFICO 13.</b>	Correlação fluxo de N <sub>2</sub> O, temperatura ambiente e do solo na subárea fileira, cultura de girassol.	131
<b>GRÁFICO 14.</b>	Correlação fluxo de N <sub>2</sub> O, temperatura ambiente e do solo na subárea entrelinha, cultura de girassol.	132
<b>GRÁFICO 15.</b>	Correlação fluxo N <sub>2</sub> O e umidade do solo nas subáreas, cultura de girassol.	132
<b>GRÁFICO 16.</b>	Variabilidade diurna dos fluxos de N <sub>2</sub> O e temperaturas na cultura de aipim.	136
<b>GRÁFICO 17.</b>	Fluxos diários de N <sub>2</sub> O nos períodos de menor e maior emissão na cultura de aipim.	140
<b>GRÁFICO 18.</b>	Perfil das temperaturas durante os períodos de menor e maior emissão de N <sub>2</sub> O, na cultura de aipim.	141
<b>GRÁFICO 19.</b>	Correlação fluxo de N <sub>2</sub> O, temperatura ambiente e do solo na subárea fileira da cultura de aipim.	142
<b>GRÁFICO 20.</b>	Correlação fluxo de N <sub>2</sub> O, temperatura ambiente e do solo na subárea entrelinha da cultura de aipim.	143
<b>GRÁFICO 21.</b>	Correlação fluxo N <sub>2</sub> O e umidade do solo nas subáreas, cultura de aipim.	143
<b>GRÁFICO 22.</b>	Variabilidade diurna dos fluxos de N <sub>2</sub> O e temperaturas na floresta.	147
<b>GRÁFICO 23.</b>	Fluxos diários de N <sub>2</sub> O nos períodos de menor e maior emissão, na floresta.	150
<b>GRÁFICO 24.</b>	Perfil das temperaturas durante os períodos de menor e maior emissão de N <sub>2</sub> O, na floresta.	151
<b>GRÁFICO 25.</b>	Correlação fluxo de N <sub>2</sub> O, temperatura ambiente e do solo, na floresta.	152
<b>GRÁFICO 26.</b>	Correlação fluxo N <sub>2</sub> O e umidade do solo, na floresta.	153
<b>GRÁFICO 27.</b>	Comparação das médias dos fluxos de N <sub>2</sub> O nas áreas avaliadas.	156

QUADROS

<b>QUADRO 1.</b>	Estimação do consumo mundial de fertilizantes nitrogenados por regiões e emissão de N <sub>2</sub> O no período 1990-2020.	45
<b>QUADRO 2.</b>	Comparação das emissões de N <sub>2</sub> O segundo o uso do solo das áreas avaliadas.	154

TABELAS

<b>TABELA 1.</b>	Formas do Nitrogênio reativo (Nr)	24
<b>TABELA 2.</b>	Composição média do ambiente no solo superficial e da atmosfera livre.	24
<b>TABELA 3.</b>	Constituintes nitrogenados da atmosfera.	40
<b>TABELA 4.</b>	Estimativas globais de N <sub>2</sub> O de agroecossistemas.	47
<b>TABELA 5.</b>	Emissões de N <sub>2</sub> O a partir de pastagens e deposições de dejetos animais.	51
<b>TABELA 6.</b>	Emissão global de N <sub>2</sub> O.	53
<b>TABELA 7.</b>	Emissão direta de N <sub>2</sub> O a partir de solos agrícolas no Brasil, período 1990-2005.	55
<b>TABELA 8.</b>	Características de alguns vegetais com potencial para produção de biodiesel.	59
<b>TABELA 9.</b>	Áreas dos picos de N <sub>2</sub> O na calibração analítica e coeficientes de determinação.	74
<b>TABELA 10.</b>	Resultado do teste de repetibilidade e reprodutibilidade.	75
<b>TABELA 11.</b>	Equações e parâmetros para a determinação do limite de detecção do método analítico para N <sub>2</sub> O.	76
<b>TABELA 12.</b>	Características físico-químicas do solo avaliadas nas áreas sob estudo.	100
<b>TABELA 13.</b>	Associação linear de Pearson	101
<b>TABELA 14.</b>	Variabilidade diurna dos fluxos de N <sub>2</sub> O na cultura de mamona.	109
<b>TABELA 15.</b>	Emissão de N <sub>2</sub> O por subáreas e da cultura de mamona.	110
<b>TABELA 16.</b>	Características físico-químicas do solo na cultura de mamona.	111
<b>TABELA 17.</b>	Fluxos de N <sub>2</sub> O e temperaturas registradas nos períodos de maior e menor emissão na cultura de mamona.	116
<b>TABELA 18.</b>	Emissões de N <sub>2</sub> O por subáreas e da plantação de mamona.	117
<b>TABELA 19.</b>	Análises estatísticas na cultura de mamona.	119
<b>TABELA 20.</b>	Variabilidade diurna dos fluxos de N <sub>2</sub> O na cultura de girassol.	125
<b>TABELA 21.</b>	Emissão de N <sub>2</sub> O por subáreas e da cultura de girassol.	126
<b>TABELA 22.</b>	Características físico-químicas do solo na cultura de girassol.	126
<b>TABELA 23.</b>	Fluxos de N <sub>2</sub> O e temperaturas registradas nos períodos de maior e menor emissão na cultura de girassol.	129
<b>TABELA 24.</b>	Emissões de N <sub>2</sub> O por subáreas e da cultura de girassol.	130
<b>TABELA 25.</b>	Análises estatísticas na cultura de girassol.	131
<b>TABELA 26.</b>	Variabilidade diurna dos fluxos de N <sub>2</sub> O na cultura de aipim.	135
<b>TABELA 27.</b>	Emissões de N <sub>2</sub> O por subáreas e da cultura de aipim.	135
<b>TABELA 28.</b>	Características físico-químicas do solo na cultura de aipim.	137
<b>TABELA 29.</b>	Fluxos de N <sub>2</sub> O e temperaturas registradas nos períodos de maior e menor emissão na cultura de aipim.	139
<b>TABELA 30.</b>	Emissões de N <sub>2</sub> O por subáreas e da cultura de aipim.	140
<b>TABELA 31.</b>	Análises estatísticas na cultura de aipim.	142
<b>TABELA 32.</b>	Variabilidade diurna dos fluxos de N <sub>2</sub> O na floresta.	146
<b>TABELA 33.</b>	Emissão de N <sub>2</sub> O na floresta (variabilidade diurna).	147
<b>TABELA 34.</b>	Características físico-químicas do solo na floresta.	148
<b>TABELA 35.</b>	Fluxos de N <sub>2</sub> O e temperaturas registradas nos períodos de maior e menor emissão na floresta.	149
<b>TABELA 36.</b>	Emissão de N <sub>2</sub> O na floresta (variabilidade temporal).	150

<b>TABELA 37.</b>	Análises estatísticas na floresta.	152
<b>TABELA 38.</b>	Análise de Tukey para comparação das médias dos fluxos das áreas avaliadas.	155
<b>TABELA 39.</b>	Estimativa da emissão de N <sub>2</sub> O e CO <sub>2</sub> -equivalente no estado da Bahia e Nacional.	157
<b>TABELA 40.</b>	Temperaturas médias máximas e mínimas registradas durante o estudo da variabilidade diurna, nas culturas avaliadas.	164
<b>TABELA 41.</b>	Densidade do solo das áreas avaliadas.	164
<b>TABELA 42.</b>	Relação das emissões de N <sub>2</sub> O em diversos países de acordo com o uso do solo	166

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

DNA - Ácido Desoxirribonucléico.

EPSA - Espaço Poroso Saturado de Água.

FBN - Fixação Biológica do Nitrogênio.

Gg - Gigagrama: 1.000.000.000 gramas;  $10^9$  gramas.

Mha - Milhões de Hectares.

N - Nitrogênio.

NH<sub>3</sub> - Amônia.

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - Ión Amônio.

NO - Óxido Nítrico.

NO<sub>2</sub> - Dióxido de Nitrogênio.

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> - Nitrito.

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Nitrato.

NPK - Nitrogênio, Fósforo e Potássio.

Nr - Nitrogênio reativo.

N<sub>2</sub>O: Óxido Nitroso.

N<sub>2</sub> - Nitrogênio Atmosférico

O<sub>2</sub> - Oxigênio.

ppbv - Partes por Bilhão em Volume

RNA: Ácido Ribonucléico.

Sub-Tipo Climático " Am" - Apresenta característica de clima de monção, com moderada estação seca e ocorrência de precipitação média mensal inferior a 60 mm. É considerado um clima intermediário entre "Af" e o " Aw".

Sub-Tipo Climático "Aw" - Caracteriza-se por apresentar inverno seco bem definido e ocorrência de precipitação média mensal inferior a 60 mm.

Tg - Teragrama: 1.000.000.000.000 gramas;  $10^{12}$  gramas.

## I RESUMO

### *MEDIDAS DE ÓXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O) EMITIDO POR CULTURAS DE MAMONA E GIRASSOL PARA PRODUÇÃO DO AGRO DIESEL E POTENCIAL CONTRIBUIÇÃO PARA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS*

A atividade antrópica é um fator decisivo para o aquecimento global e as mudanças climáticas. As complexas relações homem e meio ambiente se refletem diretamente na saúde. Os efeitos do desequilíbrio climático estão estreitamente associados com o surgimento de doenças infecciosas e a diminuição na qualidade de recursos vitais para o homem (água e ar). No cenário energético, o Brasil é líder na estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Recentemente, foi implantado o programa de redução de emissões de CO<sub>2</sub> mediante o uso de biocombustível, com o Proálcool e ultimamente o biodiesel. Nesse sentido, projeta-se que, até 2015, 10-29 % da região Nordeste, seja ocupada por culturas que sirvam como fontes de matéria prima para biodiesel. **Objetivo:** Estimar o impacto ambiental das emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) na interface solo-atmosfera, em áreas agrícolas destinadas à produção de matéria prima para agrodiesel. **Metodologia:** O estudo foi conduzido durante o período de seca entre novembro e dezembro de 2009, no campus experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas, Bahia. Para efeitos de comparação, se avaliaram diferentes práticas agrícolas no estágio de pré-colheita: extensiva (mamona e girassol); produção familiar (aipim) e área de mata atlântica. Utilizaram-se câmaras estáticas de PVC para a coleta de gás, separadamente por fileira e entrelinha. As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa equipada com detector de captura de elétrons (GC-DCE). **Resultados:** O estudo de variabilidade diurna mostrou um perfil de emissão semelhante em todas as áreas: baixa pela manhã, com incremento ao meio dia e diminuição ao final do período diurno. A maior taxa de emissão média foi encontrada na floresta (10,45 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), seguida pela cultura de aipim (7,60 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Nas culturas oleaginosas, a cultura de mamona apresentou fluxo médio de 7,09 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e o girassol de 5,53 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. **Conclusão:** Ainda que a mensuração não contemplasse o ciclo sazonal completo, as taxas de emissão encontradas neste estudo são equiparáveis com os resultados obtidos em outras pesquisas para diferentes culturas, a nível mundial. As estimativas das contribuições das culturas de mamona, girassol e aipim, em termos de CO<sub>2</sub>-eq, para o balanço estadual de emissões de gases de efeito estufa, foram 0,024, 0,0002 e 0,081 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Na ordem nacional, considerando-se as atuais áreas dessa cobertura vegetal, a floresta apresentou a maior contribuição, com 1,33 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, seguida pela cultura de aipim (0,390 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), mamona (0,032 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e, por último, a cultura de girassol (0,017 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). De acordo com estas estimativas, pode-se concluir que a contribuição de N<sub>2</sub>O para o aquecimento global, a partir das culturas oleaginosas avaliadas em período seco, é baixa e parece representar mitigação das conseqüências negativas sobre a saúde humana e as dinâmicas dos ecossistemas na terra.

**Palavras chave:** agrodiesel, óxido nitroso, efeito estufa, mudança climática, ciclo de nitrogênio, produção agrícola, atmosfera, fertilizantes nitrogenados.



## II. ABSTRACT

### *MEASURES OF NITROUS OXIDE (N<sub>2</sub>O) EMITED BY CULTURES OF CASTOR OIL AND SUNFLOWER FOR PRODUCTION OF AGRO DIESEL AND THEIR POTENTIAL CONTRIBUTION TO THE CLIMATE CHANGE*

The anthropic activity is a paramount factor for global warming and to climate changes. The complex relationships between man and environment impact straightly upon health. The effects of climate imbalance are strictly associated to the appearance of infectious diseases and to the poor quality of vital resources for mankind (water and air). In the energy scenery, Brazil leads the strategies of mitigation and adaptation to climate changes. Recently, Brazil set up a program to reduce CO<sub>2</sub> immissions by using biofuel, with Proálcool and lately the diodiesel. It's expected that, till 2015, 10-29 % of Northeastern region be filled by cultures that will be primary sources for bio-diesel production. **Objective:** To estimate the environmental impact of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) immissions in the soil-atmosphere interface, in agricultural areas for the production os feedstock for bio-diesel. **Methodology:** The study was carried out during the dry season between Movember and December 2009, in the campus of University Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas Municipality, Brazil. Three different agricultural practices in the stage of pre-harvest were compared: extensive (castor beans and sunflower) family production (cassava) and area of rainforest. PVC Static chambers were used for gas collection separated by ridges and interrows. The samples were analyzed by gas chromatography equipped with electron capture detector (GC-ECD). **Results:** The study found a similar diurnal variability of the emission pattern in all areas: lower in the morning, increasing at noon, and decreasing at the end of daytime. The highest average emission rate was found in the forest (10.45 g N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), followed by cultivation of cassava (7.60 g N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). In oilseed crops, the cultivation of castor bean had a mean flow of 7.09 g N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup> and sunflowers 5.53 g N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> m<sup>-1</sup>. **Conclusion:** Although the measurement did not allow the seasonal cycle, the emission rates found in this study are comparable with those obtained in other studies for different cultures worldwide. Estimates of the contributions of the cultures of castor bean, sunflower and cassava, in terms of CO<sub>2</sub>-eq for the State of Bahia emissions of greenhouse effect gases were 0.024, 0.0002 and 0.081 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> respectively. In the national order, considering the current area of teis type of vegetation, the forest would have the greatest contribution with 1.33 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, followed by cultivation of cassava (0.390 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>), castor bean (0.032 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) and, finally, the culture of sunflower (0,017 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>). According to these estimates, we can conclude that the contribution of N<sub>2</sub>O to global warming, from oilseed crops evaluated in the dry period is low and seems to represent mitigation of negative consequences on human health and the dynamics of ecosystems on earth

**Keywords:** agro diesel, nitrous oxide, greenhouse effect, climate change, nitrogen cycle , agriculture, atmosphere, fertilizers.

### III. RESUMEN

#### *MEDIDAS DE ÓXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O) EMITIDO POR CULTIVOS DE HIGUERILLA Y GIRASOL PARA LA PRODUCCIÓN DE AGRODIESEL Y POTENCIAL CONTRIBUCIÓN PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO.*

La actividad antrópica es un factor decisivo para el calentamiento global y el cambio climático. Las complejas relaciones entre el hombre y el medio ambiente se reflejan directamente en la salud. Los efectos del desequilibrio climático están estrechamente asociados con el surgimiento de enfermedades infecciosas y la disminución en la calidad de recursos vitales para el hombre (agua y aire). En el escenario energético, Brasil es líder en la estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático. Recientemente, fue implementado el programa de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> mediante el uso de biocombustible, con Proalcohol y últimamente biodiesel. En este sentido se proyecta que hasta el 2015 10 a 29 % de la región Nordeste sea ocupada con cultivos que sirvan como fuente de materia prima para biodiesel. **Objetivo:** Estimar el impacto ambiental de las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en la interface suelo-atmósfera, en áreas agrícolas destinadas a la producción de materia prima para agrodiesel. **Metodología:** El estudio fue desarrollado durante el período seco, entre noviembre y diciembre de 2009, en el campo experimental de la Universidad Federal del Recóncavo de la Bahia (UFRB), en Cruz das Almas, Bahia. Para efectos de comparación, se evaluaron diferentes prácticas agrícolas en la fase previa a la cosecha: extensiva (higuerilla y girasol), producción familiar (yuca) y área de mata atlántica. Se utilizaron cámaras estáticas en PVC para el muestreo de gas, separadamente por surcos y entresurco. Las muestras fueron analizadas por cromatografía gaseosa equipada con detector de captura de electrones (GC-ECD). **Resultados:** El estudio de variabilidad diurna mostró un perfil de emisión semejante en todas las áreas: bajo por la mañana, con incremento al medio día y disminución al finalizar el periodo diurno. La mayor tasa de emisión media se encontró en la mata atlántica (10,45 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), seguida por el cultivo de yuca (7,60 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). En los cultivos de oleaginosas, la higuerilla presentó un flujo medio de 7,09 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> y el girasol de 5,53 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. **Conclusión:** Aunque las mediciones no consideraron el ciclo completo invierno y verano, las tasas de emisión encontradas en este trabajo son equiparables con los resultados obtenidos en otros estudios para diferentes cultivos en el mundo. Las estimaciones de las contribuciones de los cultivos de higuerilla, girasol y yuca, en términos de CO<sub>2</sub>-eq, para el balance de emisiones de gases de efecto invernadero para el estado de Bahia, fueron 0,024, 0,0002 y 0,081 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. En la estimación para Brasil, considerando las actuales áreas de cobertura vegetal, la mata atlántica presentó la mayor contribución, con 1,33 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), seguida por el cultivo de yuca (0,390 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), higuerilla (0,032 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) y, por último, el cultivo de girasol (0,017 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). De acuerdo con estas estimaciones, se puede concluir que la contribución de N<sub>2</sub>O para el calentamiento global, a partir de los cultivos de oleaginosas evaluados en el periodo de verano, es baja y al parecer mitigan las consecuencias negativas sobre la salud humana y las dinámicas de los ecosistemas en la tierra.

**Palabras clave:** agrodiesel, óxido nitroso, efecto invernadero, cambio climático, ciclo del nitrógeno, producción agrícola, atmósfera, fertilizantes nitrogenados.

## **IV. OBJETIVOS**

### **Geral**

- Estimar o impacto ambiental no uso do solo, mensurando as emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) na interface solo-atmosfera em áreas agrícolas destinadas à produção de matéria prima para agro diesel.

### **Específicos**

1. Implantar e aperfeiçoar uma metodologia analítica para a determinação das emissões de N<sub>2</sub>O na atmosfera em áreas agrícolas.
2. Estabelecer os fluxos de N<sub>2</sub>O solo-atmosfera, em área sem intervenção direta do homem, em área com atividades agrícolas de subsistência e em área com atividade agrícola intensiva para biodiesel (uso intensivo de fertilizantes sintéticos).

## V. INTRODUÇÃO

O aumento das concentrações de Gases de Efeito Estufa (GEE) tem sido apontado como o principal agente das mudanças climáticas. Os impactos sobre a saúde por conta das mudanças climáticas incluem o aumento e migração de vetores transmissores de doenças, alterações nos padrões de distribuição de doenças infecciosas e possível aumento de distúrbios respiratórios. Entre outros efeitos, encontramos na agricultura uma redução na produtividade e prejuízos à segurança alimentar, resultando em migrações e conflitos (Confalonieri & Marinho, 2007).

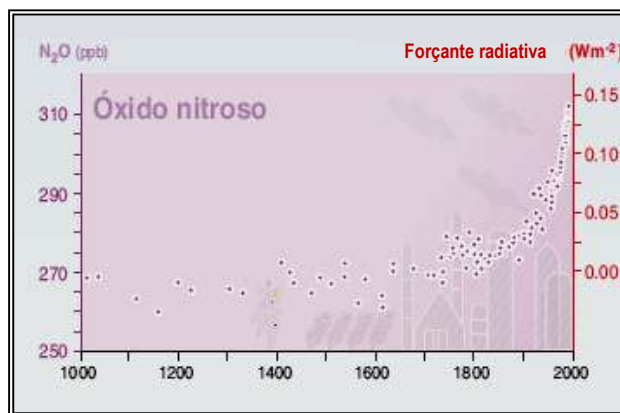
No cenário global, países signatários do Acordo de Copenhague se comprometeram a reduzir suas emissões de maneira voluntária, portanto a elaboração do inventário de emissões diretas e indiretas de GEE é um passo fundamental neste processo. O conhecimento do perfil de emissões permite a auto-avaliação, estabelecendo uma aproximação da abrangência do impacto no meio ambiente e a implantação de ações de mitigação.

Não obstante, a gestão do uso do solo tem impactado os ciclos naturais dos nutrientes, em particular vários estudos reportam severas alterações no ciclo do nitrogênio. A principal alteração encontra-se na área agrícola que constitui uma das principais fontes de emissão de GEE, especialmente de  $N_2O$ .

Entre os fatores que contribuem com o desequilíbrio destacam-se o uso elevado de fertilizantes nitrogenados, monoculturas, sistemas agrícolas intensivos e extensivos, todos estes necessários para atender as necessidades da população em crescimento.

Antes da década de 80, os estudos sobre o efeito estufa levavam em conta somente o  $CO_2$ . A partir desta época os estudos incluíram outros gases de comprovada influência como vapor de água, metano ( $CH_4$ ), clorofluorcarbonados (CFCs), ozônio ( $O_3$ ) e óxido nitroso ( $N_2O$ ).

A concentração do  $N_2O$  frente aos outros gases é baixa, sendo de 314 ppbv. Como se observa na figura 1, este gás apresentou um incremento anual de 0,25% no último século (IPCC, 2007; Hansen et al., 2007).



Fonte: IPCC, (2007).

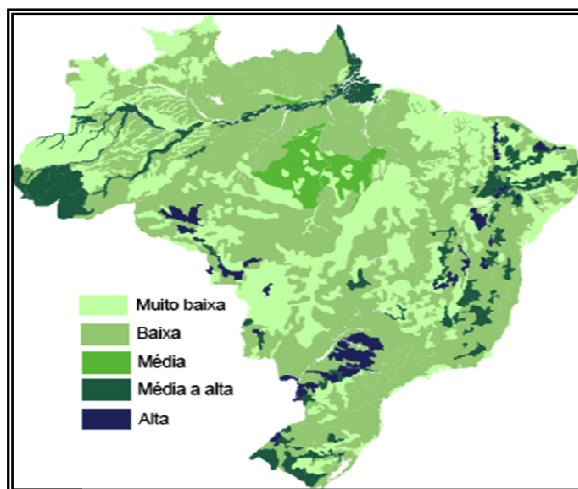
**Figura 1.** Aumento do óxido nítrico nos últimos 1000 anos.

O incremento nas concentrações do  $N_2O$  tem sido documentado nas últimas duas décadas, através de registros atmosféricos, em diversas estações climáticas, ao longo do mundo e por meio de medidas indiretas de testemunhos nas calotas polares. Estes registros esclarecem que a razão e magnitude da mudança dos gases efeito estufa é maior que qualquer perturbação atmosférica experimentada na terra, nas últimas centenas de milhares de anos.

Entre as atividades econômicas, a agricultura constitui-se como a principal fonte de  $N_2O$  atmosférico, contribuindo com 75 % das emissões antrópicas ( $3-8 \text{ Tg N ano}^{-1}$ ). Este aporte tem sido atribuído a diversos fatores, incluindo mudanças no uso do solo, incrementos no uso de fertilizantes e nas atividades pecuárias (Mosier et al., 2004; Galloway et al., 2004).

Embora o Brasil tenha potencial de 550 milhões de hectares (Mha) de superfície agrícola. Em 2007, as áreas plantadas foram de aproximadamente, 76,7 Mha, sendo pequenas com relação ao seu potencial (IPNI, 2007; IBGE, 2009a). Os solos brasileiros em geral são pobres, requerendo freqüentemente o uso de fertilizantes para gerar uma boa produção (Figura 2).

É necessário o desenvolvimento de técnicas de manejo do solo mais sustentáveis, com o uso adequado de fertilizantes, sem prejuízo ao meio ambiente e à saúde humana. Ainda assim, o Brasil se encontra entre os principais produtores de grãos do planeta (IBGE, 2008a).



Fonte: ANDA, 2003; IBGE, 2008b.

**Figura 2.** Fertilidade do solo brasileiro.

Esforços no Brasil pela busca de fontes de energia renováveis e a diversificação da matriz energética para substituir o uso de combustíveis fósseis, incluem a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB).

O estado da Bahia vem se consolidando na organização da cadeia produtiva do biodiesel, no cenário da expansão de culturas oleaginosas (soja, mamona, girassol, algodão, dendê, pinhão-manso e amendoim) como opção socioeconômica, sobretudo nas regiões vulneráveis, como o semi-árido baiano, através da inclusão do sistema de agricultura familiar (Carvalho, 2007).

Espera-se, desta forma um aumento significativo das emissões de  $N_2O$  no estado da Bahia. Portanto, este projeto busca mensurar as emissões de  $N_2O$  na interface solo-atmosfera de solos agrícolas, em uma região do recôncavo baiano, tais como: em duas culturas oleaginosas de manejo intensivo destinadas à produção de biodiesel (mamona e girassol) com uso de fertilizantes nitrogenados; em área agrícola de subsistência, onde predomina o uso de adubação orgânica (aipim) e em área natural (floresta).

Utilizaremos neste trabalho, o termo agrodiesel como sinônimo de biodiesel, por se tratar de combustível de origem agrícola obtido da produção originária no contexto do agronegócio.

Atualmente, poucos são os estudos no Brasil sobre as emissões de  $N_2O$  na produção do biodiesel, no sentido, se é favorável ou não a redução de gases estufa, uma vez que culturas e/ou monoculturas intensivas fertilizadas emitam  $N_2O$ .

No entanto, na Bahia esta é a primeira pesquisa sobre a emissão deste gás, na região do recôncavo baiano, em culturas oleaginosas de mamona e girassol.

As medidas deste GEE no país, a maioria se focaliza em plantações de feijão, milho, pastagens e áreas naturais como os cerrados e mata atlântica (Gonçalves, 2002; Giacomini, 2006; Neto et al., 2007, Madari et al., 2007, Melo et al., 2008). Apenas uma foi realizada em plantação de oleaginosas, avaliando a emissão de  $N_2O$  sob adubação com dejetos animais (Santos, 2009).

Deste modo, é necessário o conhecimento dos fatores que regulam as emissões de  $N_2O$  na agricultura desta região, permitindo a caracterização da fonte e a estimativa da sua contribuição, em termos locais e balanço global nacional.

Isto permitirá avaliar a sustentabilidade da produção agrícola de matérias primas do biodiesel, o possível impacto dos programas de biodiesel local e regional no contexto de missões deste GEE, e estabelecer previsões quanto ao aumento do efeito estufa e contribuição à mudança climática em geral.

## VI. REVISÃO DA LITERATURA

O nitrogênio (N) é um elemento essencial que intermédia todos os processos da vida na terra sendo o mais abundante dos compostos encontrados na matéria viva e um dos maiores limitantes da produção primária do planeta. Está presente em muitos estados de oxidação como componente nos ácidos nucleicos (DNA e RNA), aminoácidos e proteínas, formando assim estruturas constituintes dos sistemas vivos (Atlas & Bartha, 2002; UNESCO, 2007).

Sua forma mais comum na natureza é no estado gasoso, como nitrogênio diatômico (N<sub>2</sub>), seus maiores reservatórios sobre a terra são a hidrosfera e a biosfera, sendo o principal gás encontrado na atmosfera, constituindo aproximadamente 78% dos gases. Nesta forma é quimicamente inerte e não disponível para a maioria dos organismos vivos por causa da sua tripla ligação, N≡N, (Adhya, 2002; Galloway et al., 2003).

Os processos abióticos de fixação de N<sub>2</sub> estão constituídos por atividades vulcânicas, radiações ionizantes, meteorização físico-química das rochas ígneas e sedimentares, assim como descargas elétricas durante as tempestades. Do ponto de vista biológico apenas um número limitado de espécies de bactérias de vida livre, arqueias, fungos e associações simbióticas radiculares evoluíram e tem a capacidade de converter N<sub>2</sub> atmosférico em nitrogênio reativo (Nr), processo denominado “fixação biológica do N” (FBN). Desta maneira o nitrogênio fica disponível na biosfera.

O termo Nr faz referência a todas aquelas espécies de N que são ativas biologicamente, fotoquimicamente reativas e radioativas na atmosfera e na biosfera (Tamm, 1991; Krupa, 1997; Cleveland et al., 1999).

O ciclo biogeoquímico do N representa um dos mais importantes ciclos de nutrientes que sustenta a vida na terra, intermediada em grande parte pela atividade dos microrganismos que utilizam a energia derivada das transformações. Portanto as diversas transformações do N permitem a circulação do N<sub>2</sub> através dos ambientes terrestres e aquáticos determinando sua produtividade ecológica, além de ser importante para outros ciclos biogeoquímicos.



Desta forma o Nr inclui formas inorgânicas reduzidas, inorgânicas oxidadas e compostos orgânicos, como mostra a tabela 1. Os íons nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) são as formas predominantemente consumidas pelos organismos (Atlas & Bartha, 2002; Galloway et al., 2004).

**Tabela 1.** Formas do Nitrogênio reativo (Nr).

Inorgânicas reduzidas	$\text{NH}_x$	Amônio ( $\text{NH}_3^+$ ) Íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ )
Inorgânicas oxidadas	$\text{NO}_x$	Óxido nítrico (NO) Dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )
Compostos orgânicos		Uréia Aminas Proteínas Ácidos nucleicos
Deposição de $\text{NO}_y$		$\text{NO}_x$ $\text{HNO}_2$ $\text{HNO}_3$ $\text{HO}_2$ $\text{NO}_2$ $\text{NO}_3^-$ $\text{N}_2\text{O}_5$ Nitrato de peroxiacetila

Fonte: Adaptado de Vitousek et al., (1997); Smil, (1999); UNESCO, (2007).

O conteúdo de N na atmosfera livre e na atmosfera do solo é semelhante, como se observa na tabela 2. A fase gasosa ocupa a quarta parte do volume total de um solo médio. O ar se distribui pelos poros do solo permitindo a troca gasosa com a atmosfera exterior, renovando-se continuamente, esta dinâmica se realiza através do movimento em massa ou por difusão (Blaya & Garcia, 2003a).

**Tabela 2.** Composição média do ambiente no solo superficial e da atmosfera livre.

Componente	Atmosfera livre (%)	Atmosfera do solo (%)
Oxigênio – $\text{O}_2$	21,0	10 – 20
Nitrogênio – $\text{N}_2$	78,1	78,5 - 80
Dióxido de Carbono – $\text{CO}_2$	0,03	0,2 - 3,5
Vapor de Água – $\text{H}_2\text{O}$	Variável	Em Saturação

Fonte: Adaptado de Blaya et al., (2003a); Cónsul et al., (2004).

A composição da atmosfera do solo é muito variável e pouco estudada devido à sua facilidade de mudar rapidamente, embora seja muito importante por ser responsável

das reações de oxidação, da respiração dos organismos do solo e das raízes das plantas. Em condições ideais a atmosfera do solo está representada por 25% de fase gasosa, 25% de água e 50% de fase sólida (5% fração orgânica e 45% material mineral).

A composição do ar do solo varia com relação à profundidade, mudanças estacionais (épocas do ano) e manejo do solo. Estas variações afetam essencialmente os conteúdos de  $O_2$  e  $CO_2$ , e estão influenciadas pela quantidade de espaço poroso que o solo possui e pela intensidade das reações bioquímicas que se apresentam. Por exemplo, nos períodos de maior atividade biológica (primavera e outono) o  $O_2$  diminui e o  $CO_2$  aumenta.

Nos solos com pouca drenagem, uma alta proporção da porosidade fica saturada de água (EPSA). Por exemplo, depois de chuvas fortes, o volume ocupado pelo ar é menor do que 10% do total do solo (uma porcentagem  $\leq 10$  é considerado insuficiente para funções de vida), impedindo a renovação do ar é impedida.

Isto resulta na diminuição do  $O_2$  no solo, enquanto que, o  $O_2$  remanescente é consumido pela respiração das raízes, pelos metabolismos dos microrganismos aeróbicos e pelos processos químicos de oxidação.

Quando atingidos os níveis mais baixos de  $O_2$ , principalmente em solos muito úmidos e de textura fina, apresentam-se, a asfixia das raízes, diminuição da atividade microbiana, atraso nos processos importantes de nutrição vegetal, incremento nos processos redutores com produção de formas nitrogenadas gasosas, compostos sulfurosos e formas reduzidas de ferro e manganês (Blaya, 2003b).

## **VI.1 O Ciclo do Nitrogênio**

### **VI.1.1 O Nitrogênio como fator limitante nos ecossistemas**

Nos ecossistemas terrestres, a ciclagem de carbono (C) está estritamente relacionada ao ciclo de nutrientes, especialmente do N. A disponibilidade do N, que é mineralizado por meio dos processos de decomposição da matéria orgânica, determinará o ganho líquido de C do ecossistema mediante controle da produtividade primária.

Quando a concentração do CO<sub>2</sub> na atmosfera se eleva, a fotossíntese tende a ser estimulada pela atividade das enzimas fixadoras de C e, conseqüentemente, mais biomassa vegetal é produzida.

Esse crescimento adicional das plantas implica em maior acumulação de carbono nas estruturas de vida longa, como a madeira, e aumento da estocagem de carbono no solo. Levando ao seqüestro do N da matéria orgânica, reduzindo progressivamente a disponibilidade de N mineral para as plantas a longo prazo (van Groenigen & Kasell, 2002).

Desse modo, na ausência de novas entradas de N ou havendo redução, a disponibilidade de N mineral decresce ao longo do tempo em resposta aos níveis elevados de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Em outras palavras, o aumento da entrada de C no ecossistema estimula dois processos críticos da regulação dinâmica do N a longo prazo, são eles: aumento da demanda de N para suportar o maior crescimento da vegetação e aumento do seqüestro de N em estruturas de vida longa na planta e na matéria orgânica do solo.

Este último pode levar à diminuição da disponibilidade de N do solo necessário para o crescimento das plantas (Luo et al., 2004 *apud* Klink, 2007).

Caso os ecossistemas se encontrem sob condições de carência de N e concentração elevada de CO<sub>2</sub>, alguns mecanismos de curto e longo prazo podem entrar em funcionamento. Podendo haver realocação de N entre compartimentos (passando do solo para a vegetação), aumento da razão C/N nos tecidos vegetais e na matéria orgânica do solo e aumento da exploração do solo pelas raízes finas e fungos (interações simbióticas) (Rusch & Rennenberg, 1998).

Os mecanismos de longo prazo, que afetam o suprimento global de N, incluem: o aumento da fixação biológica, a diminuição das perdas por lixiviação e volatilização e o aumento da retenção do N depositado pela via atmosférica.

Estes mecanismos podem promover o aumento da produção primária bruta, sob condições de concentração elevada de CO<sub>2</sub> a curto prazo, mesmo que a quantidade de N no ecossistema permaneça constante.

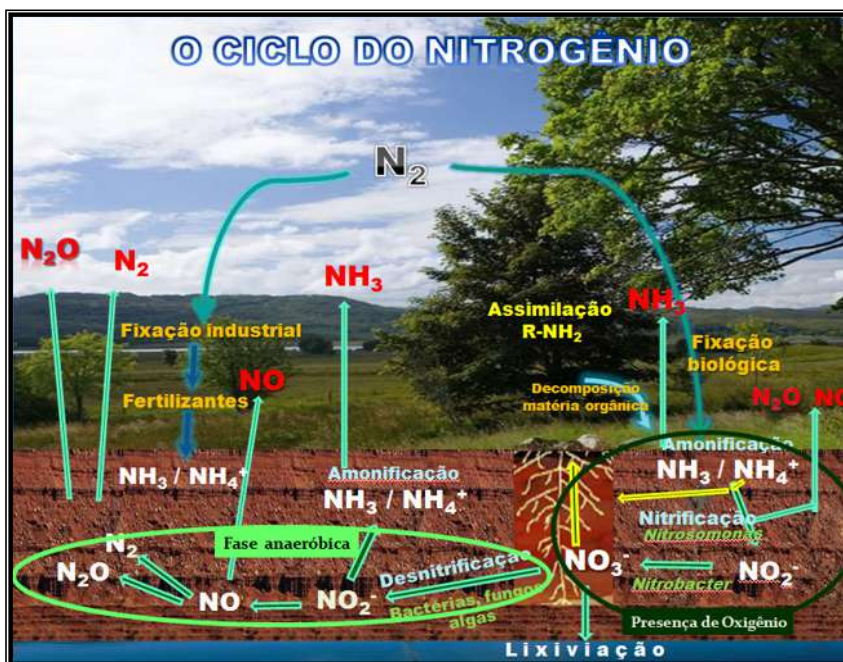
No entanto, tais alterações podem disparar dois mecanismos de retroalimentação negativa ao longo do tempo, como: a maior produção de tecidos vegetais com alta razão

C/N ou o aumento da razão C/N em material vegetal já existente, que produziria serapilheira de baixa qualidade (com baixo conteúdo de N).

No processo de decomposição da serapilheira<sup>1</sup>, a liberação de N é usualmente mais lenta e potencialmente reduzirá o crescimento das plantas. Quando a razão C/N da matéria orgânica do solo é alta, a taxa de mineralização de N diminui, reduzindo a disponibilidade de N para as plantas (Gill et al., 2002).

### VI.1.2 Características do ciclo do nitrogênio

Em condições naturais, o  $N_2$  é fixado biologicamente e convertido em amônia ( $NH_3$ ) e íon amônio ( $NH_4^+$ ), por bactérias produtoras da enzima nitrogenase que quebra a tripla ligação dos dois átomos de N ( $N\equiv N$ ) e combina com o hidrogênio. Este processo conhecido como amonificação é a primeira etapa de mineralização da matéria orgânica (figura 3). Igualmente, durante a decomposição da matéria orgânica, os compostos nitrogenados, como: proteínas e aminoácidos são transformados em  $NH_3$  e  $NH_4^+$ .



Fonte: Autor, (2008).

**Figura 3.** O Ciclo do Nitrogênio.

<sup>1</sup> Serapilheira: Denominação aplicada a camada superficial de material orgânico que se cobre os solos consistindo de folhas, caules, ramos, cascas, frutas e galhos mortos, em diferentes estágios de decomposição. Em uma mata, Liteira (Afubra, 1999).

Esta transformação apresenta a volatilização da  $\text{NH}_3$  para atmosfera, que é precipitada posteriormente por fenômenos de deposição atmosférica; seca (como  $\text{NH}_3$ ) ou úmida durante as chuvas (como  $\text{NH}_4^+$ ).

Estes produtos da amonificação podem ser assimilados por numerosas plantas e por muitos microorganismos, incorporando-os na síntese de compostos orgânicos nitrogenados (Galloway et al., 2004).

Posteriormente, os produtos da amonificação ( $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4^+$ ) são oxidados a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), principalmente por bactérias do gênero *Nitrosomonas*. Sequencialmente, o  $\text{NO}_2^-$  é oxidado por bactérias do gênero *Nitrobacter* a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

Esta etapa é denominada nitrificação, os microorganismos nitrificantes são estritamente aeróbios (figura 3). (McLaren & Cameron, 1996; Paul & Clark, 1996).

A formação do  $\text{NO}_3^-$  tem importância agrícola, ambiental e na saúde. Nas plantas o N é absorvido principalmente na forma de  $\text{NO}_3^-$  e em menor proporção como  $\text{NH}_4^+$ . Além disso, o  $\text{NO}_3^-$  pode ser lixiviado do perfil do solo devido a sua alta mobilidade, por causa da sua elevada solubilidade e fraca interação com a matriz do solo.

Possibilitando que o ânion acompanhe a frente de umedecimento da água no solo, movimentando-se para baixo em caso de excessiva precipitação ou irrigação, até profundidades longes da raiz, onde não pode ser absorvido pela planta. Finalmente ele é transportado pelo fluxo de água até as correntes subterrâneas.

O  $\text{NO}_3^-$  também apresenta mobilidade para cima, por capilaridade durante estações extremamente secas (Muchovej & Crehcigl, 1994; Lite & Muñoz, 2005).

Em condições de aplicação excessiva de N implicam uma alta disponibilidade de íons, principalmente  $\text{NO}_3^-$ . Desequilibrando o solo desde o ponto de vista mineral e ionizando-o de maneira exagerada. Por sua vez, a planta absorve este íon em maior proporção do que precisa e se desequilibra também (Jarvis et al., 1991).

Um claro exemplo é a folha de espinafre, que cultivada em condições sem adubação nitrogenada, contém até 23 ppm de  $\text{NO}_3^-$ . No entanto, cultivada com a aplicação de 30kg de N por hectare, a folha pode conter até 420 ppm de  $\text{NO}_3^-$  (Lite & Muñoz, 2005; Rivero et al., 2005).

Díaz et al., (2002) observaram incremento no teor de  $\text{NO}_3^-$  nos frutos da cultura de tomate, quando aumentou as doses de N no solo. Em geral, as hortaliças que têm

maiores possibilidades de apresentarem teores elevados de  $\text{NO}_3^-$  são: espinafre, alface, rúcula, almeirão, nabo, rabanete e beterraba (Takahashi et al., 2007; Hernández et al., 2002).

Uma grande variedade de microorganismos como: bactérias, fungos e algas transformam os íons  $\text{NO}_3^-$  da matéria orgânica, em um processo denominado desnitrificação; onde ocorre a redução assimilatória do  $\text{NO}_3^-$  formando  $\text{NO}_2^-$ .

Alguns microorganismos realizam a conversão de parte do  $\text{NO}_2^-$  em  $\text{NH}_3$  e íons  $\text{NH}_4^+$ , em um processo de amonificação em condições anaeróbias.

Outros microorganismos seguem uma rota mais complexa, que transformam a outra parte do  $\text{NO}_2^-$  em  $\text{NO}$ . Uma parte do  $\text{NO}$  sai para atmosfera e a outra continua nas transformações de redução seqüencialmente, até gerar uma mistura de  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{N}_2$ , os quais são liberados para a atmosfera. Completando desse modo o ciclo do N (Focht & Verstraete, 1977).

O  $\text{N}_2$  fixado industrialmente, segundo o processo Haber-Bosch (figura 12), é principalmente utilizado para a elaboração de fertilizantes. Os fertilizantes, dependendo de sua forma nitrogenada principal; por exemplo,  $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NO}_3^-$ , são introduzidos no ciclo do N, na fase de amonificação ou de desnitrificação.

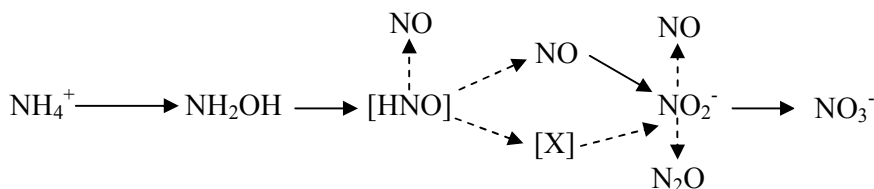
### **VI.1.3 Mecanismos de formação e emissão de $\text{N}_2\text{O}$**

A emissão biogênica de  $\text{N}_2\text{O}$  é produto das transformações microbianas de N por nitrificação e desnitrificação nos ciclos marinho e terrestre.

#### **1. Nitrificação**

Durante este processo o  $\text{N}_2\text{O}$  é produzido junto com o  $\text{NO}$  no solo e liberado para a atmosfera, por desnitrificação do nitrito intermediário (figura 4). O  $\text{N}_2\text{O}$  constitui-se um produto secundário e existem evidências que, embora, a nitrificação seja uma reação aeróbica que ocorre principalmente em solos com conteúdo de água intermediário.

A produção de  $\text{N}_2\text{O}$  é aumentada substancialmente sob condições de stress de oxigênio (Poth & Focht, 1985; Firestone & Davidson, 1989).



Fonte: Adaptado Smith, (1997).

Nota: As linhas tracejadas e colchetes indicam conhecimento parcial do processo.

**Figura 4.** Processo de nitrificação no solo.

Os micro-organismos heterotróficos, por exemplo, os fungos, podem ser importantes nitrificadores em algumas circunstâncias, como em solos florestais ácidos. Dessa forma, estes organismos podem ser responsáveis por uma produção significativa de  $\text{N}_2\text{O}$ , sendo necessária a realização de mais trabalhos nesta área (Killham, 1986 *apud* Smith, 1997).

## 2. Desnitrificação

A desnitrificação microbiana é o resultado do nitrato usado como acceptor final de elétrons, por bactérias anaeróbicas facultativas<sup>2</sup>, na ausência de  $\text{O}_2$  (Firestone, 1982). Assim, o  $\text{NO}_3^-$  é reduzido a  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{N}_2$  (figura 5). Os organismos principalmente responsáveis são heterótrofos como os do gênero *Pseudomonas* e *Alcaligenes*, (Gamble et al., 1977 *apud* Smith, 1997), os quais requerem de compostos orgânicos como fonte de C. A respiração microbiana dos heterótrofos pode regular também o suplemento de oxigênio.



Fonte: Adaptado Smith, (1997).

**Figura 5.** Processo de desnitrificação no solo.

## 3. Outros processos

Outro processo de significância é a quimiodesnitrificação, que envolve reações químicas entre o  $\text{NO}_2^-$  e compostos orgânicos como as aminas, sob condições ácidas que levam à formação de  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$  e  $\text{N}_2\text{O}$  (Bremner & Nelson, 1997).

Também se pode apresentar a redução de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NO}_2^-$  pela presença de íons como o  $\text{Fe}^{2+}$  (van Hecke et al., 1990).

<sup>2</sup> Bactérias anaeróbicas facultativas: Microrganismos que conseguem se desenvolver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio (Dias da Silveira, 2007).

## VI.2 Fatores que Afetam a Emissão de N<sub>2</sub>O

### VI.2.1 O uso de fertilizantes nitrogenados

O uso de fertilizantes aumenta a produção de N<sub>2</sub>O durante a desnitrificação e nitrificação. Alguns estudos mostram que a emissão é maior quando utilizada uréia, seguido por sulfato de amônio e em menor quantidade nitrato de cálcio com um teor de água de 60 %.

Outros estudos reportam que fertilizantes com NH<sub>3</sub>-anidra podem aumentar a emissão até 13 vezes quando comparada com NH<sub>3</sub>- aquosa e uréia. Este resultado se deve a que a amônia anidra é aplicada por injeção no solo, formando zonas altamente alcalinas e resultando em altas emissões de N<sub>2</sub>O (Blackmer et al., 1980; Breitenbeck et al., 1986; Mossier et al., 1998).

Eichner et al., (1990), estimou a emissão de N<sub>2</sub>O em amônia anidra (2,7%), nitrato de amônia (0,44%), amônio (0,25%), uréia (0,11%) e nitrato (0,05%). Em campos alagados como os de arroz, as emissões são baixas e não se apresenta aumento quando utilizada uréia. O uso de calcários como CaCO<sub>3</sub> para correção de pH pode aumentar as emissões de N<sub>2</sub>O sob condições aeróbicas (Lindau et al., 1990).

### VI.2.2 O pH do solo

O pH ótimo para a emissão de N<sub>2</sub>O por desnitrificação varia com a espécie, idade do microorganismo e a concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, mas a maioria de desnitrificadores tem pH ótimo entre 6 e 8. Em solos com pH ácido se encontraram contribuições consideráveis devido a microrganismos ácido tolerantes (Hou et al., 2000).

O incremento da acidez do solo apresenta os seguintes mecanismos que podem afetar os processos de nitrificação e desnitrificação, modulando a emissão de N<sub>2</sub>O:

- Diminuição da taxa de decomposição de matéria orgânica e por tanto redução da disponibilidade de N para a produção de N<sub>2</sub>O.
- Redução da disponibilidade de molibdênio o que inibe a síntese de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> redutase.
- Inibição da N<sub>2</sub>O redutase, resultando em maior produção de N<sub>2</sub>O que N<sub>2</sub> durante a desnitrificação (Weier et al., 1986).
- Solubilização de alumínio ou manganês o que pode causar efeitos tóxicos.



- Produção química de  $N_2O$  a partir de  $NO_2$ .

### VI.2.3 A umidade do solo.

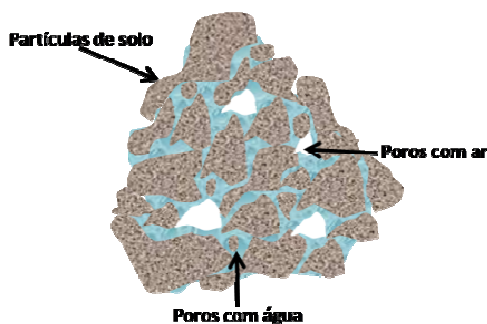
O teor de água no solo influencia o processo de desnitrificação direta ou indiretamente disponibilizando C e N, atuando como um médio de difusão a través do qual os substratos são disponibilizados aos microorganismos.

Também restringe a quantidade de  $O_2$  nos microsítios ocupando os poros do solo e produzindo condições anaeróbicas.

No solo, as condições físicas são heterogêneas, particularmente a distribuição de lâminas d'água que atuam como barreira de difusão gasosa e que resultam no desenvolvimento de condições parcialmente anaeróbicas em meio de uma matriz aeróbica.

Deste modo, os processos de nitrificação e desnitrificação podem acontecer simultaneamente, resultando em interpretações muito variáveis dos mecanismos responsáveis pela produção de  $N_2O$ , (Leffelaar, 1986; Pathak, 1999).

Por exemplo, na figura 6 pode-se observar as condições físicas do solo quando apresenta espaço poroso saturado de água (EPSA) de 60 %.



Fonte: Adaptado de Dorronsoro, (2010).

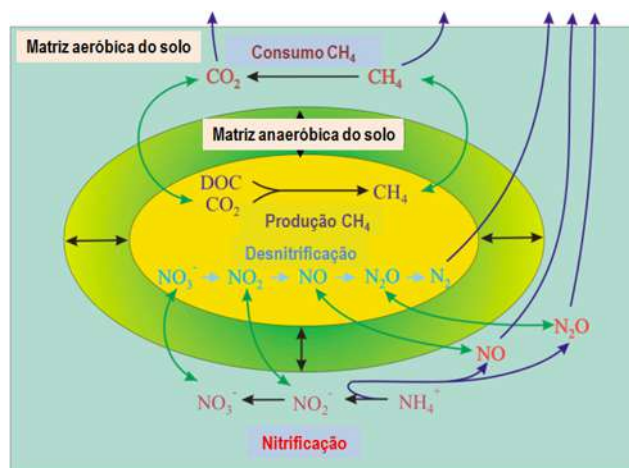
**Figura 6.** Condições físicas no solo com EPSA de 60 %.

Estudos têm evidenciado um aumento das taxas de desnitrificação, após eventos de irrigação e precipitação, no inverno e em regiões com ciclos de congelamento/descongelamento.

Estes eventos podem estimular a liberação de substratos, necessários para a desnitrificação, em ambientes de alagamento, levando à formação de condições anaeróbias (Burton & Beauchamp, 1994; Flessa et al., 1996).

Altos valores de emissão podem estar associados com desnitrificação em micro locais anaeróbios, já que os diferentes processos microbianos respondem às mudanças na temperatura. Quando esta aumenta pode resultar em aumento do tamanho dos microlocais e também na criação de adicionais.

O efeito é causado pelo aumento na demanda respiratória de  $O_2$ , assim a difusão de  $O_2$  nos agregados do solo é consumido nas regiões exteriores, levando a um centro do agregado anaeróbio (figura 7) (Tiedje, 1988; Sierra et al., 1995).

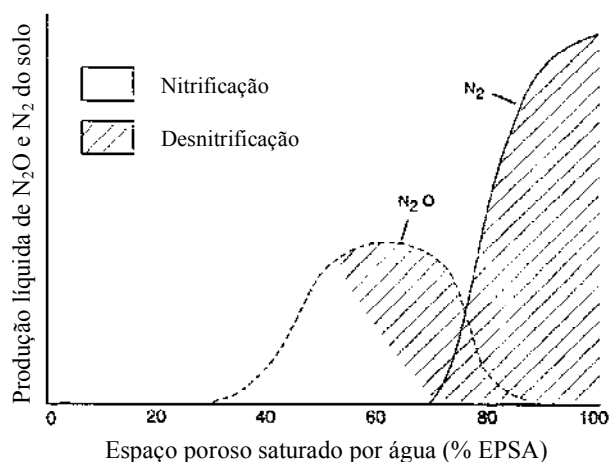


Fonte: Instituto de tecnologia Karlsruhe, (2009).

**Figura 7.** Representação do ciclo do nitrogênio em matriz aeróbica e anaeróbica no solo.

Como se observa na figura 8, a proporção de  $N_2O$  e  $N_2$  produzido tanto na nitrificação como na desnitrificação é fortemente influenciada pelo conteúdo de água no solo. Pode-se observar uma predominância de  $N_2O$  quando em solos com 60 % do EPSA e um aumento rápido na produção relativa de  $N_2$  quando em solos com EPSA maior que 80 % (Abao et al., 2000; Adhya, 2000).

A proporção é também influenciada por fatores químicos, em particular, a formação de  $N_2O$  é favorecida por pH baixo e altas concentrações de  $NO_3^-$  (Granli & Bockman, 1994; Hou et al., 2000).



Fonte: Adaptado Smith, (1997).

**Figura 8.** Modelo da relação entre EPSA e fluxos relativos de  $N_2O$  e  $N_2$ .

Se as condições do solo anaeróbico prevalecem e o EPSA for maior de 60 %, a desnitrificação do  $NO_3^-$  torna-se a principal fonte de  $NO$  e  $N_2O$  (Firestone & Davidson, 1989; Conrad, 1996).

Em condições aeróbicas do solo, tanto o  $NO$  quanto o  $N_2O$  podem ser produzidos por nitrificação como um subproduto da oxidação de  $NH_4^+$  em  $NO_2^-$ , ou diretamente pela decomposição do  $NO_2^-$  (figura 8) (Remde & Conrad, 1990; van Cleemput & Samater, 1996).

Muitos experimentos de laboratório e de campo indicam que o  $N_2O$  emitido provém principalmente da desnitrificação do  $NO_3^-$ . Experimentos de incubação de solo em laboratório baseados no método cinético isotópico  $^{15}N$  com  $[^{15}N]$  amônio,  $[^{15}N]$  nitrito, e  $[^{15}N]$  nitrato. Confirmaram que o  $N_2O$  era produzido principalmente por desnitrificação, neste caso a contribuição da desnitrificação para a produção de  $N_2O$  total aumentou com o aumento da umidade do solo.

Em outros estudos de campo se confirma que o aumento da umidade do solo favorece as condições anaeróbicas e, conseqüentemente, aumenta a desnitrificação e formação de  $N_2O$  (Drury et al., 1992; Skiba et al., 1992; Davidson et al., 1993; Hutchinson et al., 1993; Russow et al., 2000).

Em estudos realizados na região central da Alemanha, zona semiárida, a formação do  $N_2O$ , via nitrificação, foi o principal mecanismo. A desnitrificação em

condição de solos saturados de água (chuva e irrigação), raramente acontece em regiões semiáridas. No entanto, o  $N_2O$  também pode ser formado em solos aeróbios por desnitrificação, devido à microlocais anaeróbicos dentro dos agregados do solo (Renault & Stengel, 1994; McLain & Martens, 2005).

#### **VI.2.4 A disponibilidade do oxigênio**

O oxigênio ( $O_2$ ) inibe as enzimas envolvidas no processo de desnitrificação, mas o limite crítico varia entre diferentes espécies bacterianas. O teor de  $O_2$  depende do EPSA, do tipo de solo e do grau de compactação.

Durante a nitrificação o  $N_2O$  produzido tem uma correlação inversa com a concentração de  $O_2$  dissolvido (Smith et al., 1997; Adhya et al., 2000; Abao et al., 2000).

#### **VI.2.5 O teor de matéria orgânica**

O efeito observado de diferentes níveis de matéria orgânica no perfil do solo é provavelmente causado pelo carbono orgânico facilmente degradável, utilizado como fonte energética para a desnitrificação, o qual promove a atividade microbiana, resultando em maior consumo de oxigênio e conseqüentemente favorecimento das condições anaeróbias (Russow et al., 2007).

A incorporação de resíduos de plantas, a fertilização verde e aplicação de adubos incrementam as taxas de desnitrificação. Quando o teor de N é o fator limitante, a desnitrificação pode ser reduzida, devido à imobilização de N causada por decomposição dos resíduos pelos microrganismos e a sua incorporação na biomassa microbiana (Aulakh et al., 1992; Beauchamp et al., 1989).

#### **VI.2.6 A temperatura do solo**

A emissão de  $N_2O$  aumenta proporcionalmente com a temperatura do solo, considerando-se o rango ótimo entre 60-70 °C (Mosier et al., 1998a; Chapin et al., 2002).

#### **VI.2.7 A textura do solo**

Em solos com textura fina a emissão é maior, assim como em solos compactados, especialmente em condições de umidade. Este fenômeno leva à redução na porosidade

do solo, retardando a infiltração de água e difusividade dos gases, provocando, por exemplo, uma diminuição da concentração de  $O_2$  e gerando uma anaerobiose parcial (Mosier et al., 1998a).

### **VI.2.8 As plantas**

As plantas afetam a emissão de  $N_2O$  através da assimilação de carbono e nitrato, ficando este último indisponível para a desnitrificação. Em quanto à matéria orgânica proveniente das raízes, se observa um efeito indireto, já que se pode originar mais nitrato que continue a via da desnitrificação. Também pode acontecer imobilização reduzindo seus níveis (del Grosso et al., 2000).

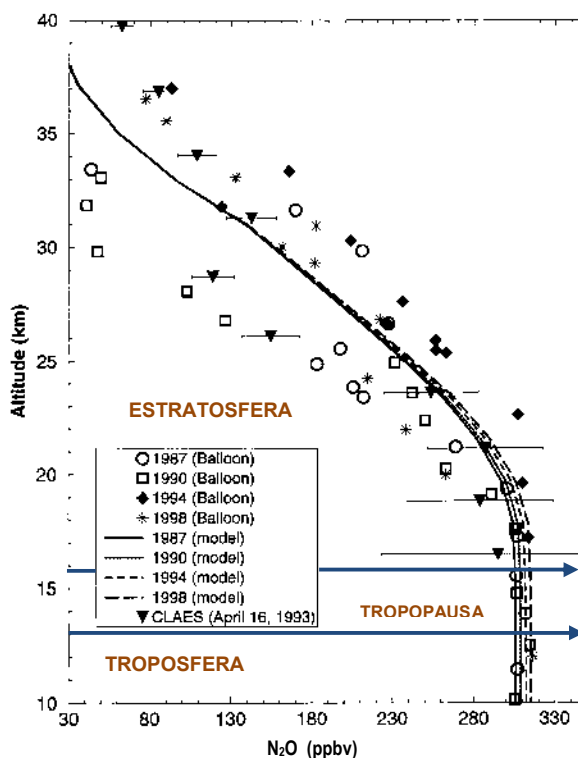
Estudos mostram que, algumas plantas podem constituir uma via de emissão de  $N_2O$ . Em campos alagados de arroz a emissão de  $N_2O$  acontece predominantemente através da planta. O trigo é outro exemplo, onde se encontrou emissão de  $N_2O$  através da folhagem.

Por outro lado, culturas de leguminosas apresentam maiores taxas de desnitrificação que as plantas monocotiledôneas. Devido às associações simbióticas que se localizam nas raízes, o que resulta em altas taxas de emissão de  $N_2O$  (Bertelsen et al., 1992; Yan et al., 2000; Hakata et al., 2003; Zou et al., 2005).

### **VI.3 Sumidouro do $N_2O$**

O único sumidouro de  $N_2O$  conhecido é a estratosfera, onde se realiza o processo por mecanismos de fotodissociação (~90 %) e reações com átomos de oxigênio excitados  $O(^1D)$  (~10 %), figura 9.

Na estratosfera, a concentração de  $N_2O$  diminui com a altitude, estabelecendo um gradiente vertical devido à fotodissociação. Assim a taxa de mistura de  $N_2O$  diminui a partir de um valor médio de 310 ppbv na troposfera, até uma concentração bem mais baixa de 50 ppbv na região 30-35 km de altitude, sendo o gradiente vertical mais acentuado na região 20-34 km (figura 9) (Garcia & Solomon 1994; Estupiñán et al., 2000).



Fonte: Adaptado de Lal e Sheel, (2000).

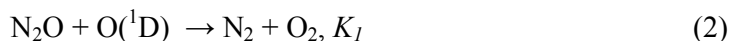
**Figura 9.** Distribuição vertical de  $N_2O$  no período 1987-1998.

Uma fração de  $N_2O$  emitido na superfície sofre decomposição, principalmente por fotólise ultravioleta ao penetrar na estratosfera, através da tropopausa (Bates & Hays, 1967 *apud* Gonçalves, 2002). A fotólise do  $N_2O$  ocorre através da reação:



A reação (1) se torna eficiente para comprimentos de onda menores que 220 nm, mas ocorre principalmente na “janela atmosférica” próxima a 200 nm (Cónsul et al., 2004).

O segundo processo que contribui para a perda de  $N_2O$  por oxidação são as seguintes reações:

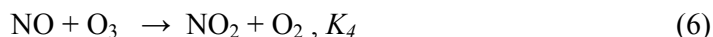
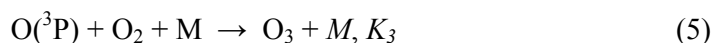


Os átomos de oxigênio excitados são produzidos principalmente na foto-dissociação do ozônio, na região de comprimento de onda entre 200-300 nm. Os dois

processos (reações 2 e 3) têm probabilidades iguais de ocorrer. Contudo, a reação (3) produz óxidos de nitrogênio reativos, sendo o processo mais eficiente de introdução de óxido nítrico (NO) na estratosfera (Harrison, 1995).

Estima-se que as perdas anuais de N<sub>2</sub>O através da foto dissociação na estratosfera e da produção de NO, pela reação (3) são aproximadamente de 12,3 Tg N<sub>2</sub>O e 1,2 Tg NO (Tohjima et al., 2000).

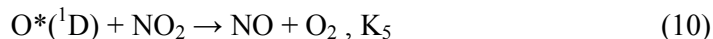
O NO é rapidamente oxidado pelo ozônio e forma NO<sub>2</sub> que fotolisado regenera o NO, através da seqüência de reações:



Nestas reações (3) e (4), a soma de NO + NO<sub>2</sub> = NO<sub>x</sub> permanece inalterada. A importância do NO<sub>x</sub> para o ozônio estratosférico está na competição entre NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> por átomos de oxigênio e na sua destruição pelo NO, em uma atmosfera rica em oxigênio:



Isto leva à seqüência de reações de competição:



Os NO<sub>x</sub> não são consumidos e agem como um catalisador na destruição do ozônio. Devido à sua velocidade, o ciclo catalítico se processa diversas vezes, enquanto a perda de ozônio devido a outros mecanismos ocorre apenas uma vez (Crutzen, 1970).

#### **VI.4 Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) Como Gás Efeito Estufa (GEE)**

O clima da Terra é regido por uma série de fatores, mas a principal força motriz é a energia do sol e do que acontece com ela quando atinge a Terra. Ela pode ser absorvida ou refletida pela atmosfera e pela superfície da Terra. Uma parte da energia infravermelha, irradiada pela Terra, é absorvida pelos GEEs.

Estes gases estão dispostos em uma camada de isolamento na atmosfera, influenciando a temperatura da Terra, fenômeno correspondente ao efeito estufa natural.

Graças aos GEEs, a temperatura média da superfície terrestre é em torno de 15 °C, favorável para a maioria das formas de vida. Sem esse delicado equilíbrio fornecido pelos GEEs, a temperatura da Terra seria muito menor do que é agora, e a vida tal como é conhecida hoje, não seria possível.

No entanto, concentrações crescentes dos GEEs causadas por atividades antrópicas conduzem a um aumento na temperatura da Terra. Esse fenômeno, popularmente conhecido como "aquecimento global", é uma questão de grave preocupação (FAO, 2004; IPCC, 2007; UNESCO, 2007).

Desde o início da Revolução Industrial, o homem tem aumentado as emissões de GEEs para a atmosfera. Um dos principais motivos para a acumulação dos GEEs é o aumento na queima de combustíveis fósseis. Por exemplo, a produção de eletricidade a partir da queima de carvão, usinas de energia e queima de petróleo ou gás natural resulta na liberação de CO<sub>2</sub> e outros gases.

Mudanças no uso do solo, o uso de fertilizantes, o desmatamento e a consequente queima de biomassa, são outras fontes de GEEs para a atmosfera (Harrison, 1995; Haile et al., 2008;).

A emissão de gases N desde os solos é uma preocupação, pois representam perdas e atuam como poluentes atmosféricos. O incremento das formas reativas de N está diretamente relacionado com o incremento nas emissões de compostos nitrogenados.



Galloway et al., (2003) destaca o impacto que o Nr tem sobre o ambiente e o homem, e cujos efeitos podem ocorrer em série, referidos como "cascata de N", onde um átomo de N pode, em seqüência:

1. Diminuir o ozônio estratosférico, aumentando a radiação ultravioleta.
2. Aumentar o O<sub>3</sub> troposférico, impactando sobre a saúde humana.
3. Aumentar o material particulado fino, impactando a visibilidade.
4. Alterar a produtividade das florestas.
5. Acidificar as águas de superfície, apresentando perdas de biodiversidade.
6. Incrementar a produtividade dos ecossistemas costeiros.
7. Promover a eutrofização costeira e,
8. Aumentar o potencial de efeito estufa, através da produção de N<sub>2</sub>O.

O N<sub>2</sub>O é um gás traço que influencia direta e indiretamente o clima da terra. É um gás incolor, inodoro, com um peso molecular de 44, uma gravidade específica de 1,53 e um ponto de ebulição de -89 °C. O N<sub>2</sub>O é o óxido de N, em nível de traço mais abundante na atmosfera depois do N<sub>2</sub> (tabela 3), sendo estável e quimicamente não reativo.

**Tabela 3.** Constituintes nitrogenados da atmosfera\*.

Constituintes	Composição
N <sub>2</sub>	78,1 %
N <sub>2</sub> O	300 ppbv
NO <sub>2</sub> + NO	10-0,001 ppbv
NH <sub>3</sub>	6 ppbv

Fonte: Adaptado de Cónsul et al., (2004).

\*Quando o ar é considerado limpo.

A concentração de N<sub>2</sub>O na atmosfera antes da revolução industrial era 280 ppbv e atualmente a concentração incrementou aproximadamente a 319 ppbv, como se pode observar na figura 1. Sendo a taxa anual de incremento na atmosfera 0,8 ppbv (0.25 %) (IPCC, 1997, 2007; Prather et al., 2001;).

A maioria das evidências diretas sobre a existência de efeitos “*feedback*” nas mudanças da concentração atmosférica de N<sub>2</sub>O, provém de análises de ar nos testemunhos de gelo (Khalil & Rasmussen, 1988; Leuenberger & Siegenthaler, 1992).

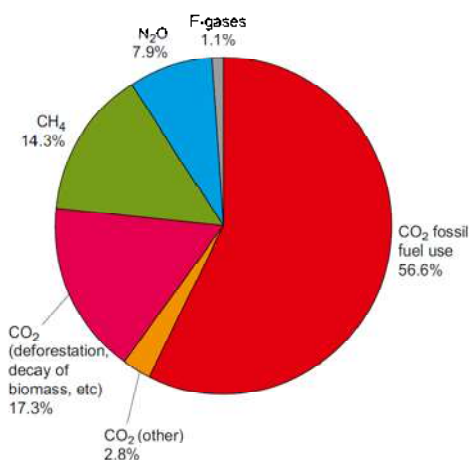
Nestes estudos se examinaram os conteúdos de  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  nas bolhas de ar contidas nos núcleos de gelo, no período precedente e durante a pequena era do gelo. Desta forma calcularam-se as taxas de mudança como indicador do desequilíbrio entre as fontes e os sumidouros.

As análises mostram que antes da era do gelo o  $\text{N}_2\text{O}$  era de  $288 \pm 3$  ppbv e caiu para  $281 \pm 3$  ppbv entre 1650-1750. Também se sabe que a contribuição dos solos e oceanos foi de  $0,5 \text{ Tg ano}^{-1}$  e se sugere que o clima pode ter contribuído com 20 % deste incremento, por causa do aumento na atividade biológica.

O  $\text{N}_2\text{O}$  é um importante GEE devido a sua alta capacidade de absorção da radiação emitida pela superfície da terra, refletindo-a e aumentando a temperatura terrestre. Seu potencial de aquecimento global é de 310 vezes mais efetivo do que o  $\text{CO}_2$  em um horizonte de 100 anos, tempo médio de vida de 130-150 anos e sendo também responsável pela destruição do  $\text{O}_3$  estratosférico (Crutzen, 1981; IPCC, 1997).

As concentrações dos três principais GEEs:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  na atmosfera aumentaram 70 % entre 1970-2004, e 24 % entre 1990-2004. No ano de 2004 o  $\text{N}_2\text{O}$  correspondeu a 7,9 % da emissão global de GEEs, apresentando aumento de cerca de 50 %.

Devido principalmente, a aumento na utilização de fertilizantes e ao crescimento da agricultura, sistemas de produção animal, transporte e algumas atividades industriais (figura 10) (Barker et al., 2007; IPCC, 2009).



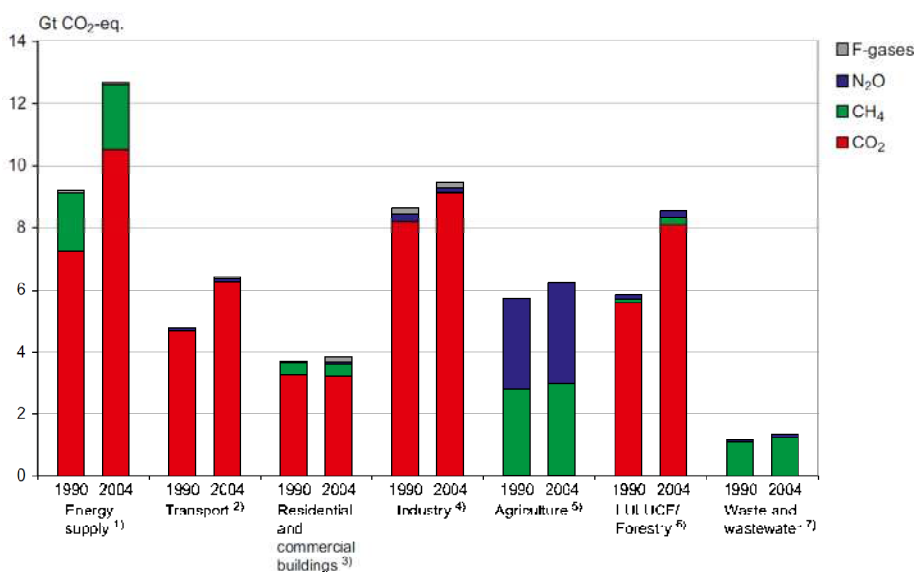
Fonte: IPCC, 2007

**Figura 10.** Emissão global de gases efeito estufa antropogênicos em 2004.

Segundo o IPCC, (2007) a estimativa global de emissão de  $N_2O$  proveniente do setor agrícola, em 2004, foi de 2,8 Gt  $CO_2$ -eq devido principalmente ao uso de fertilizantes e à expansão da agricultura. O que se reflete no aumento da área de lavouras em aproximadamente 1400 Mha, cerca de 8 % desde 1960, com incremento de 22 % em países em desenvolvimento e diminuição de 5 % nos países desenvolvidos.

Calcula-se uma conversão de 500 Mha de terra em áreas agrícolas entre 1997 a 2020, predominantemente na América Latina e Sub-Sahara africano.

Na figura 11 se observa a contribuição na emissão de  $N_2O$  em diferentes setores para o ano de 2004, além do setor agrícola, destaca-se o setor de manejo de resíduos urbanos com emissão de 1,3 Gt  $CO_2$ -eq e o setor industrial (química e de alimentos) com um valor próximo a 0,4 Gt  $CO_2$ -eq.



Fonte. (IPCC, 2007)

**Figura 11.** Emissões de gases do efeito estufa por setor entre 1990-2004.

Este último representado principalmente pela indústria de ácido adípico, no entanto, medidas de abatimento vêm sendo instauradas neste tipo de indústria (Thiemens & Trogler, 1991; Reimer et al, 1995; Shimizu et al., 2000).

Segundo Crutzen & Ehhalt, (1977) a duplicação de  $N_2O$  na atmosfera provocaria uma redução de 10 % na camada de ozônio, iria aumentar em 20 % a radiação

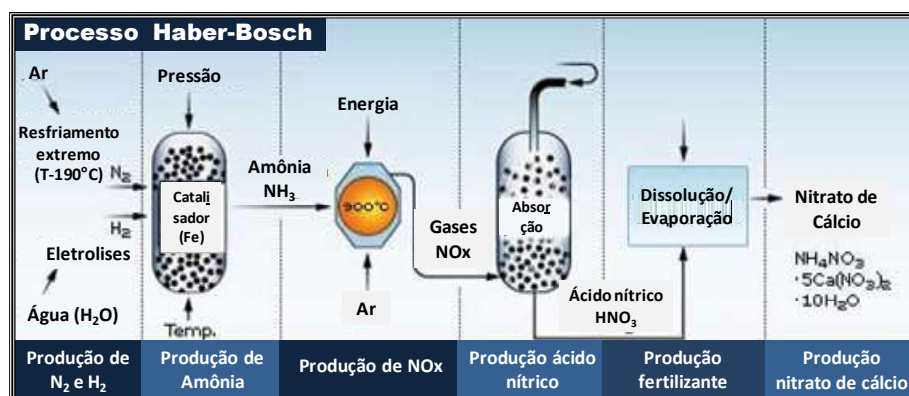
ultravioleta que atinge a superfície da terra. E Shea, (1988) estima que, por cada queda de 1 % na camada de ozônio, se pode ter um aumento de 4-6 % nos casos de câncer de pele.

## VI.5 Origem dos Fertilizantes Nitrogenados

No começo do século XX, a importância do N na produção de alimentos foi reconhecida e identificaram-se os principais componentes do ciclo. Nessa época as únicas fontes nitrogenadas eram os depósitos de guano<sup>3</sup> das ilhas áridas e depósitos de nitrato evaporado no Chile, totalizando 0,2 Tg Nano<sup>-1</sup> para as necessidades mundiais (Smil, 2000).

O N proveniente destes depósitos era usado de forma limitada. Contudo a quantidade disponível já não era suficiente, uma vez que houve pressões por sua procura como matéria prima para munições, competindo com as demandas para a produção de alimentos (Lutzenberger, 1985).

No começo da Primeira Guerra Mundial, o bloqueio dos países aliados cortou o acesso da Alemanha ao salitre chileno, essencial para a produção de explosivos. Isto levou ao desenvolvimento do processo Haber-Bosch em 1913, pelos pesquisadores Fritz Haber e Carl Bosch do Instituto de Tecnologia Química da Alemanha (figura 12).



Fonte: Galloway et al, (2003).

**Figura 12.** Síntese de amônia através do processo Haber-Bosch.

<sup>3</sup> Fertilizante natural originado da acumulação das fezes de aves marinhas ou morcegos, pelas características, sua formação requer de climas áridos (Encyclopedia of world environmental history, 2004).

O processo Haber-Bosch, consiste na formação catalítica de  $\text{NH}_4^+$  a partir de  $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$  atmosféricos, em condições de alta temperatura e pressão, seguido da oxidação na presença de catalisador, transformando-se em ácido nítrico (Galloway et al., 2003).

Segundo Lutzenberger, (1985) o processo Haber-Bosch permitiu a autonomia na geração de produtos químicos nitrogenados, como fertilizantes e explosivos. Em 1920, Fritz Haber recebeu o prêmio Nobel de Química, com seu aporte, ajudou a remover a principal barreira para o rápido crescimento populacional e ao mesmo tempo marcou o começo de enormes mudanças no ciclo global do N.

Com o fim da guerra, havia enormes estoques e a capacidade de produção de  $\text{N}_r$ , mas já não existia a grande demanda no mercado dos explosivos. A indústria então decidiu direcionar estes produtos para a comercialização de fertilizantes nitrogenados em grande escala. Esta repentina disponibilidade de fertilizantes evitaria a crise populacional anunciada por Malthus<sup>4</sup> (Lutzenberger, 1985).

A taxa global de  $\text{N}_r$  manteve-se relativamente baixa entre 1860-1960, porém desde 1950 a população mundial aumentou de 1,6-2,5 bilhões em 1990 e para mais de 6,8 bilhões em janeiro de 2010. Acompanhada por um aumento na produção industrial de aproximadamente  $15 \text{ Tg ano}^{-1}$  em 1860 a aproximadamente  $33 \text{ Tg ano}^{-1}$  em 2000 (FAO, 2008).

Em 2009, a taxa de consumo global de fertilizantes nitrogenados foi de  $109 \text{ Tg}$  (Heffer, 2008; U.S Census Bureau, 2010).

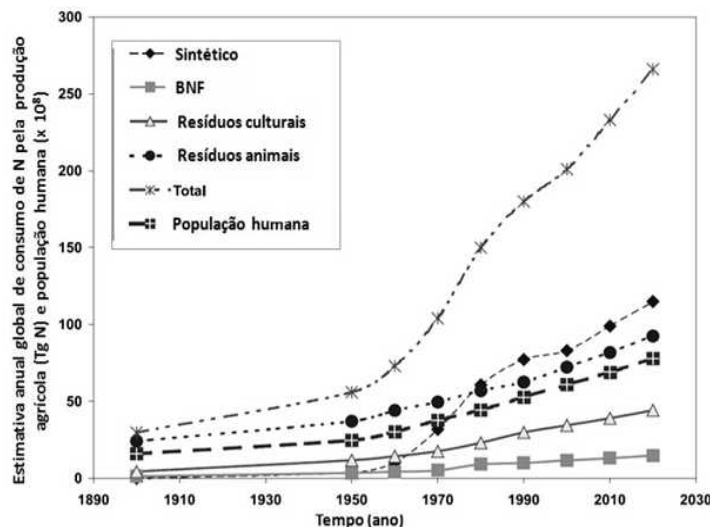
Antes da utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos (século 20), parece que os processos de fixação de  $\text{N}_2$  e de desnitrificação estavam equilibrados. Mas com o aumento da intervenção antropogênica este equilíbrio se alterou, ocasionando poluição no meio ambiente e provocando alterações nos ecossistemas (Aber, 1992).

A partir de 1960, declarações foram feitas a respeito do balanço do ciclo do N, fazendo referência à ingenuidade com que têm sido utilizados os fertilizantes nitrogenados para alimentar a crescente população e que deveria estar acoplada com um esforço por manter o ciclo do N em balanço razoável (Delwiche, 1970; Domene, 2001).

---

<sup>4</sup> Thomas Malthus; economista, estatístico, demógrafo e estudioso das Ciências Sociais. Expõe a sua teoria sobre o crescimento populacional e a fome em 1789, a partir dos princípios as necessidades são crescentes e os recursos são escassos, relativa a que: a população cresce mais rapidamente que a produção de alimentos, o que levaria, portanto, a uma crise de alimentos (EMVI, 2008).

Enquanto, o Nr proveniente do uso de combustíveis fósseis, passou de menos de 1 Tg ano<sup>-1</sup> em 1860 a 25 Tg ano<sup>-1</sup> em 2000 (figura 13, quadro 1). Em 1910, a emissão de Nr de origem natural era insignificante, a partir do processo Haber-Bosch passou a ser mais de 100 Tg ano<sup>-1</sup> em 2000. Cerca de 85 % usado na produção de fertilizantes (Galloway et al., 2003).



Fonte: Mosier & Kroeze, (2000).

**Figura 13.** Estimativa da entrada de N nos sistemas agrícolas, período 1900-2020.

**Quadro 1.** Estimativa do consumo mundial de fertilizantes nitrogenados por regiões do mundo e estimativa de emissão de N<sub>2</sub>O, no período 1990-2020.

Região \ Ano	1990		2010		2020	
	Tg N	Tg N <sub>2</sub> O	Tg N	Tg N <sub>2</sub> O	Tg N	Tg N <sub>2</sub> O
América do Norte	11,2	0,21	13	0,25	14	0,27
Oeste (ocidente) da Europa	10,4	0,20	9,3	0,18	10	0,19
Este da Europa	4,5	0,09	4,3	0,08	5	0,10
Eurásia	9,9	0,19	8,3	0,16	11	0,20
Ásia	36	0,68	53	1,01	62	1,2
Brasil	0,001	0,43	1,13*	0,49*	--	--
Resto do Mundo	79	1,5	99	1,9	115	2,2

Fonte: Adaptado de Mosier & Kroeze, (2000).

\* Inventário das emissões de N<sub>2</sub>O brasileiras para o ano 1995. EMBRAPA, (2006).

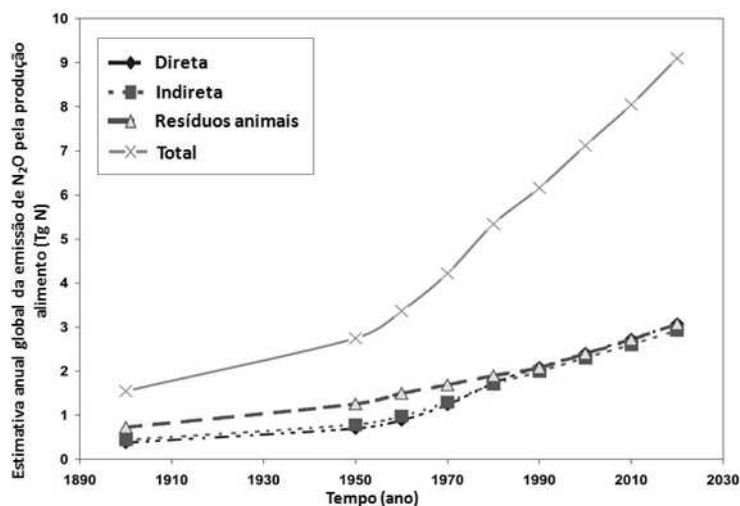
Entre 1860-2000, a taxa de emissão antropogênica de Nr incrementou a aproximadamente 165 Tg ano<sup>-1</sup>, cinco vezes mais Nr proveniente da produção agrícola que pela produção de energia.

Apesar dos dados mostrados, atualmente se apresentam desequilíbrios preocupantes na disposição de Nr. Deste modo, algumas regiões do mundo apresentam concentrações muito baixas, insuficientes para produzir as quantidades de alimentos requeridos pela população contribuindo à má nutrição.

Enquanto que, em outras partes do mundo o Nr tem sido usado em condições excessivas para produzir alimentos, ocasionando uma prevalência de consumo de dietas insalubres e contribuindo ao aumento de problemas ambientais (Bumb & Baanante, 1996; Vitousek et al., 2002; Zheng et al., 2002; Townsend et al., 2003).

De acordo com a figura 14 e tabela 4, na projeção realizada por Mosier & Kroeze, (2000) para o período 2000-2020, baseada na metodologia do IPCC e na estimativa de emissão global de  $N_2O$ .

Incluem-se as emissões diretas do solo, dos sistemas de manejo de resíduos animais (incluindo pastagens), indiretas a partir de N lixiviado e deposição atmosférica de  $NO_y$  e  $NH_x$ .



Fonte: Mosier & Kroeze, (2000).

**Figura 14.** Estimativa global de  $N_2O$  a partir dos sistemas de produção alimentar, período 1990-2020.

De acordo com esta projeção de mudanças lineares, a emissão gerada pelos agroecossistemas para o ano 2020, será aproximadamente de 9 Tg (tabela 4), e projetaram-se aumentos na concentração atmosférica de 340-348 ppbv.

Atualmente se considera o sistema agrícola como a principal fonte de emissão de  $N_2O$ , responsável por cerca de 70 % da emissão total (Bouwman, 1990).

**Tabela 4.** Estimativas globais de N<sub>2</sub>O de agroecossistemas.

Fonte	Emissão Tg N <sub>2</sub> O ano		
	1990 Global	1995* Brasil	2020 Global
<b>Emissões diretas do solo</b>			
Fertilizantes sintéticos	0,9 (0,2 – 1,6)	0,014	1,3 (0,3 – 2,3)
Fertilizantes animais	0,7 (0,12 – 1,1)	0,012	1,0 (0,2 – 1,6)
Fixação biológica N <sub>2</sub>	0,1 (0,02 – 0,2)	0,021	0,2 (0,04 – 0,4)
Resíduos agrícolas	0,3 (0,1 – 0,6)	0,036	0,5 (0,2 – 1)
Solos orgânicos cultivados	0,1 (0,02 – 0,2)	0,016	0,1 (0,02 – 0,2)
<b>Sistemas de produção animal</b>			
Disposição de esterco em pastagem	2,1 (0,6 – 3,1)	0,207	3,0 (0,9 – 4,4)
<b>Emissões indiretas</b>			
Deposição atmosférica	0,3 (0,07 – 0,7)	0,024	0,4 (0,09 – 0,9)
Lixiviado e escoamento	1,5 (0,1 – 6)	0,096	2,2 (0,2 – 8)
Esgoto sanitário	0,2 (0,04 – 2,6)	0,012	0,3 (0,06 – 3,9)
<b>Total</b>	<b>6,2 (1,2 – 16,9)</b>	<b>0,438</b>	<b>9,0 (1,7 – 24,5)</b>

Fonte: Adaptado IPCC (1997); Mosier & Kroeze, (2000).

\* Inventário das emissões de N<sub>2</sub>O brasileiras para o ano 1995, EMBRAPA, 2006.

## VI.6 Agroecossistemas e Emissões de N<sub>2</sub>O

A adição de N ao solo pode ocorrer através da disposição de diferentes materiais naturais e sintéticos, entre as mais comuns se encontram:

- Resíduos de colheita.
- Adubos e esterco de origem animal, lembrando que o armazenamento destes resíduos é também uma fonte de N<sub>2</sub>O. A armazenagem de estrumes após a limpeza de estábulos é uma prática comum, se as condições de campo não são adequadas para a aplicação imediata em solos agrícolas. Durante o armazenamento, a transformação da matéria orgânica por microorganismos pode aumentar a produção e emissão de N<sub>2</sub>O (Snaydon, 1981; Sommer et al., 2004).
- Deposição natural principalmente de NO<sub>x</sub> provenientes da combustão e NH<sub>3</sub> proveniente de dejetos animais e fertilizantes a base em amônio ou uréia. Estes compostos são hidrolisados rapidamente no solo para produzir íon amônio e devido a deposição tem sido observado, o incremento na emissão de N<sub>2</sub>O (Mosier et al., 1998a; Butterbach-Bahl et al., 1997).
- Plantas leguminosas encontram-se diretamente relacionadas com a produção e emissão de N<sub>2</sub>O. Pois o N<sub>2</sub> fixado por este tipo de plantas pode ser nitrificado e



desnitrificado de forma semelhante aos fertilizantes nitrogenados. O mecanismo das leguminosas é a simbiose com microrganismos, como *Rhizobium s.p.*, formando nódulos nas raízes, onde se realizam as conversões do N (O'Hara & Daniel, 1985; Galbally & Gillet, 1992).

- Uso de fertilizantes sintéticos. Geralmente as emissões de N<sub>2</sub>O apresentam uma alta taxa de emissão atmosférica, durante as primeiras seis semanas imediatamente após aplicação do fertilizante. A partir do qual a taxa de emissão diminui e flutua ao redor de um valor menor independente da quantidade de N aplicado. Além disso, este tipo de emissão varia com o clima, o solo, o tipo e a quantidade de fertilizante utilizado (Lindau et al., 1990).

### VI.6.1 Solos florestais

As florestas tropicais cobrem aproximadamente 17% da superfície terrestre e respondem por cerca de 40% da produtividade primária líquida do planeta. Seu impacto no equilíbrio terrestre pode ser tal, que mesmo com pequenas alterações nos ciclos biogeoquímicos de C ou N as repercussões podem ser globais.

O principal processo que regula a entrada do N<sub>r</sub> nos ecossistemas terrestres é a FBN e as florestas são apontadas como o bioma terrestre onde este processo é mais relevante. Estima-se que anualmente cerca de 25 kg de N sejam fixados por cada hectare, desempenhando um papel fundamental no ciclo global do N. (Cleveland et al., 1999 *apud* Klink, 2007; van Haren et al., 2005).

Estudos comparativos demonstraram que as florestas tropicais aparentemente não são limitadas fortemente pelo N, já que se apresentam altas taxas de FBN e a quantidade de N reciclado anualmente é consideravelmente maior do que nas florestas temperadas. Por outro lado, as savanas tropicais, como o cerrado, apesar de se situarem nos trópicos, são severamente limitadas pelo N.

As florestas tropicais apresentam maiores taxas de emissão de gases nitrogenados significativamente maiores do que nas áreas do cerrado e semiárido (Matson et al., 1981).

Estudos na floresta próxima de Manaus e na floresta Nacional do Tapajós mostraram uma variação significativa na abundância de N nas folhas e nas taxas de

mineralização e nitrificação, em ambos os casos houve uma grande correlação entre os processos de ciclagem de N e textura do solo (Verchot et al., 1999).

Entretanto, ainda são pouco conhecidos os mecanismos que regulam as variações do ciclo do N nas florestas tropicais e menos ainda aqueles que regulam as alterações do ciclo do N diante das mudanças no uso do solo. Quando as mudanças são acentuadas, geralmente levam a um empobrecimento do N no solo e aumento da entrada em ecossistemas aquáticos. (Neill et al., 2001; Martinelli, 2003; Bernardes et al., 2005).

A quantidade de floresta global diminuiu de  $4,2 \times 10^9$  ha em 1971 a  $4,0 \times 10^9$  ha em 1990 e nesse mesmo período a área de pastagens aumentou em  $0,1 \times 10^9$  ha. No entanto, a área arável e de culturas permanentes permaneceram em  $1,4 \times 10^9$  ha, mas com uso mais intensivo por meio da fertilização e irrigação (Granli & Bockman, 1994).

Estima-se que 1000 Tg de biomassa de madeira, equivalente a 1-5 % das terras com cobertura vegetal no mundo são queimadas anualmente (US-EPA, 2005).

De acordo com Crutzen, (1981)  $8 \text{ Tg N}_2\text{O ano}^{-1}$  são emitidos à atmosfera como resultado das queimas. Embora, este valor resulta incoerente com os valores adotados em 2007. Neste último trabalho Crutzen adota os valores de aumento anual de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  calculados por Prather, que é  $3,9 \text{ Tg N}_2\text{O ano}^{-1}$ , que é menor do que o estimado apenas das queimadas anuais .

Quando uma floresta é convertida em pastagens, a combustão e a decomposição biológica da biomassa acumulada resultam no incremento da disponibilidade de N mineral. Os fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$  podem incrementar por um fator de 5-8 vezes nos primeiros anos depois do desmatamento (Luizao et al., 1989; Keller & Reiners, 1994; Batallón et al., 1998).

### **VI.6.2 Pastagens**

Aproximadamente 20 % da superfície terrestre do planeta é coberta com manejo de pastagens e outros 30 % com pastagens naturais (Snaydon, 1981). Estas áreas fornecem o alimento básico para numerosos animais, principalmente ruminantes. A quantidade de N nos pastos é geralmente muito maior do que o requerimento para a síntese de aminoácidos e proteínas.

Assim, a retenção de N em produtos de origem animal, por exemplo, leite, carne e lã, variam geralmente de 5-20 % do N total consumido (Haynes & Williams, 1993).

Portanto, os animais de pastoreio excretam na urina e fezes a maior parte do N que consumiram e que não foi metabolizado.

A urina constitui um foco importante de perda de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ , lixiviação de nitrato e desnitrificação. Devido à alta concentração de  $\text{NH}_3$  pode haver uma acumulação temporária de  $\text{NO}_2^-$  no solo; promovida pela baixa pressão parcial de  $\text{O}_2$  se pode originar um incremento na liberação de  $\text{N}_2\text{O}$  (Ryden, 1986; Monaghan & Barraclough, 1993; Di & Cameron, 2002; Saggari et al., 2005).

Quando utilizados, inibidores da nitrificação (Dicianodiamida, Acetileno, entre outros.), tem demonstrado a redução considerável de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  desde a urina, indicando claramente a importância do processo de nitrificação como desencadeador da emissão (Williamson & Jarvis, 1997; Koops et al., 1997).

No entanto, variações na emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  que se seguem à aplicação de urina são amplas e têm sido atribuídas à composição da urina, tipo de solo e condições ambientais durante e após a aplicação (Müller et al., 1997; Yamulki et al., 1998).

Efeitos semelhantes podem resultar do esterco, embora a concentração inicial de espécies de  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  seja muito menor do que na urina. Apesar disso, o esterco possui grandes quantidades de N orgânico que sofre mineralização relativamente lenta, resultando em emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  muito pequenas via nitrificação durante um longo período (Scholefield et al., 1997a,b; Chadwick et al., 2000; Saggari et al., 2007).

A quantidade de  $\text{N}_2\text{O}$  emitida para a atmosfera é relativamente pequena, quando expressa em termos de porcentagem em cada área de pastagem. Contudo, quando expresso em uma base global, as fezes e urina são importantes fontes de  $\text{N}_2\text{O}$  (Flessa et al., 1996; IPCC, 1997).

Existem efeitos adicionais que podem e aumentar as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ , por exemplo, durante o pisoteio dos animais o solo se compacta, especialmente em condições de umidade, este fenômeno leva à redução na porosidade do solo, retardando a infiltração de água e difusividade dos gases, provocando, por exemplo, uma diminuição da concentração de  $\text{O}_2$  e gerando uma anaerobiose parcial.

Apesar disso, outros fatores podem afetar a magnitude da compactação, como a taxa de lotação, tipo de solo, tamanho e tipo de animal (Hansen & Bakken, 1993; Sagggar et al., 2004; Bhandral et al., 2007).

van Groenigen et al., (2005) registraram um aumento da emissão de  $N_2O$  de 5-8 vezes, devido à compactação dos solos úmidos pelo pisoteio animal. Douglas & Crawford, (1993) encontraram que as emissões de  $N_2O$  e as taxas de desnitrificação foram até 2 vezes maior no solo de pastagem compactado do que não compactado.

Torberht & Wood, (1992) mostraram que as perdas totais de  $^{15}N$  incrementaram por um fator de 3,6 quando a densidade aparente de um solo franco arenoso aumentou de 1,4 para  $1,8 \text{ kg dm}^{-3}$  com EPSA de 60 %.

Em escala global, os animais em pastoreio contribuem em cerca de 1,55 Tg  $N_2O$ . Existem também pequenas emissões adicionais de cerca de 50 Gg  $N_2O$  de origem suína e de dejetos de aves depositadas em pastagens (IPCC, 1996).

A tabela 5 resume os resultados de experimentos de medição de  $N_2O$  a partir de excrementos de animais e de áreas pastadas.

**Tabela 5.** Emissões de  $N_2O$  a partir de pastagens e deposições de dejetos animais.

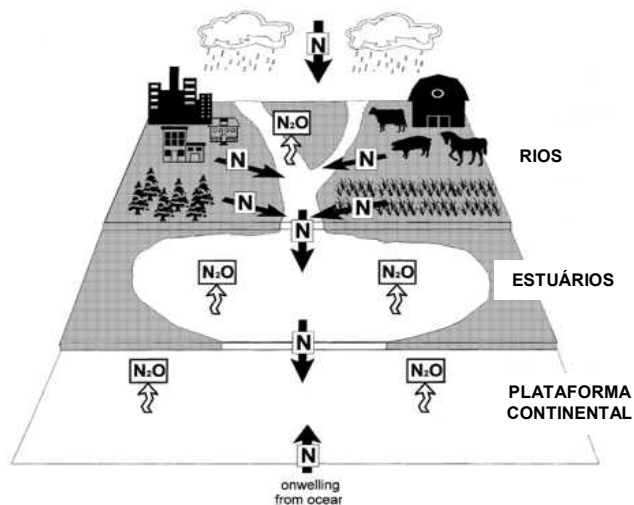
País	Estudo	Emissão $N_2O$ (%)*	Referência
Reino Unido	Esterco	0,1-0,7	Yamulki et al., 1997
Alemanha	Esterco	0,5	Flessa et al., 1996
Alemanha	Esterco	0,4	Poggemann et al., 1995
Estados Unidos	Urina	0,6	Mosier & Parton, 1985
Reino Unido	Urina	1,0-5,0	Monaghan & Barraclough, 1993
Reino Unido	Urina	0,1-1,4	Yamulki et al., 1997
Bélgica	Urina	0,1-2,4	Vermoesen et al., 1997
Nova Zelândia	Urina	1,0-3,0	Clough et al., 1996
Nova Zelândia	Urina	<0,5	Sherlock & Goh., 1983
Alemanha	Urina	3,8	Flessa et al., 1996
Holanda	Urina	0,5	Oenema et al., 1997
Alemanha	Urina	0,4-1,3	Poggemann et al., 1995
Reino Unido	Pastagem	8,0	Velthof et al., 1996a
Holanda	Pastagem	1,0-3,3	Velthof et al., 1996c
Holanda	Pastagem	1,5-9,9	Velthof et al., 1996c
Nova Zelândia	Pastagem	0,2-1,0	Carran et al., 1995
Nova Zelândia	Pastagem gado leiteiro	2,27	Sagggar et al., 2004
Nova Zelândia	Pastagem ovinos	0,99	Sagggar et al., 2007

Fonte: Adaptado de Oenema et al., (1997)

\* $N_2O$  emitido é expresso como a porcentagem da quantidade de N excretado pelos animais.

### VI.6.3 Emissões aquáticas de $N_2O$

A emissão de  $N_2O$  provenientes de rios, estuários e plataformas continentais está relacionada como os aportes de N que recebem as bacias globais, provenientes de diversas fontes antrópicas, tais como fertilizantes sintéticos, queima de combustíveis fósseis e fixação biológica de  $N_2$  por plantas leguminosas (figura 15) (Kroeze & Seitzinger, 1998).



Fonte: Seitzinger et al., (2000).

**Figura 15.** Entradas de N nos ecossistemas aquáticos.

Uma parte importante da entrada antrópica de N se dá através dos rios por meio da lixiviação, escoamento superficial e descarga direta, parte da qual é transportada para ecossistemas marinhos costeiros (estuários e plataformas continentais).

Também ocorrem entradas de N por deposição atmosférica. Outra fonte importante é a oceânica que realiza aportes por descargas de nutrientes através de advecção (figura 15) (Bange et al., 2001).

A ciclagem biológica de N natural e antrópico através dos ecossistemas aquáticos resultam em emissões de  $N_2O$  durante os processos de nitrificação e desnitrificação. A contribuição destas fontes é semelhante à fixação biológica de  $N_2$  em solos não agrícolas (Galloway et al., 1995).

De acordo com Seitzinger et al., (2000) nos estuários, as emissões antrópicas são responsáveis por 91 % e as emissões naturais por apenas 9 %. Em rios a proporção é de 75 % de emissões antrópicas e 25 % naturais.

Em contrapartida, as emissões do oceano, o padrão se inverte correspondendo 26 % de emissões antropogênicas e 74 % naturais. A tabela 6 apresenta o resumo da análise realizada no estudo referido.

**Tabela 6.** Emissão global de N<sub>2</sub>O.

<b>Ecosistema / Fonte</b>	<b>Total (Tg N<sub>2</sub>O/ano)</b>
<b>Aquático</b>	
Oceanos	3,50
Plataforma continental	0,64
Estuários	0,22
Rios	1,05
<b>Subtotal Aquático</b>	<b>5,41</b>
<b>Terrestres Antropogênico</b>	
Biocombustíveis	0,06
Energia/Transporte	0,16
Processos indústrias	0,46
<b>Subtotal Antropogênico</b>	<b>0,68</b>
<b>Biogênico</b>	
Solos Aráveis	0,96
Dejetos Animais	1,02
Queima de Biomassa	0,45
Queima de Resíduos Agrícolas	0,09
Solos Naturais	6,6
<b>Subtotal Biogênico</b>	<b>9,12</b>
<b>Total Antropogênico terrestre</b>	<b>3,21</b>
<b>Total terrestre</b>	<b>9,80</b>
<b>Total Terrestre e aquático</b>	<b>15,21</b>

Fonte: Adaptado de Seitzinger et al., (2000).

#### **VI.6.4 Emissões humanas de N<sub>2</sub>O**

O homem também é uma fonte potencial de N<sub>2</sub>O. Segundo Mitsui et al., (1997) muitos tipos de bactérias desnitrificantes foram isoladas da cavidade oral humana, do trato respiratório superior, e do aparelho digestivo, incluindo patógenos de *Pseudomonas*, *Neisseria*, e *Campylobacter*.

Levando em consideração esses estudos, eles assumiram que as concentrações de N<sub>2</sub>O no ar exalado ultrapassar os na atmosfera, embora não têm sido publicados estudos relacionados com N<sub>2</sub>O no ar expirado.

O objetivo dessa pesquisa foi estabelecer um método analítico para a detecção de  $N_2O$  no ar exalado por cromatografia em fase gasosa (GC) e espectrometria de infravermelho fotoacústica (IR-PAS).

Foram analisadas 15 amostras de ar exaladas de sujeitos saudáveis com idades 20-60 anos. Encontraram  $N_2O$  no ar expirado de todos os sujeitos, em concentrações que variam de 60-890 nL/L por IR-PAS e 30-730 nL/L por GC. Estes resultados apresentaram relação altamente linear entre os valores encontrados por GC e IR-PAS.

### **VI.7 Emissões Diretas de $N_2O$ a Partir de Sistemas Agrícolas no Brasil.**

As emissões globais de  $N_2O$  representam 6-8 % dos gases efeito estufa (IPCC, 2007). Segundo Bouwman, (1990) 90 % do  $N_2O$  emitido têm origem no solo, geralmente associado com o desmatamento, irrigação e uso de fontes nitrogenadas. No entanto, no Brasil o aporte de  $N_2O$  através da agricultura pode chegar a ser de 94 % (Cerri & Cerri, 2007).

Atualmente algumas políticas energéticas estão visando à expansão da cultura de oleaginosas por meio dos programas de biodiesel no semiárido e no cerrado brasileiro, inserindo o agricultor familiar na cadeia produtiva do biodiesel.

No primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de GEE, abordou-se as emissões de  $N_2O$  provenientes de solos agrícolas no Brasil para o período de 1989-1995, com metodologia baseada nas Diretrizes Revisadas de 1996 do IPCC, utilizando fatores de emissão de  $N_2O$ . As estimativas também incluem as emissões de  $N_2O$  provenientes do manejo de esterco de animais e do tratamento de esgotos humanos (EMBRAPA, 2006).

Recentemente, Ministério de Ciência e Tecnologia, (2009) elaborou o documento de informações gerais e valores preliminares do segundo inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de GEE, apresentando estimativas referentes ao período 1990-2005; atualizando as informações proporcionadas no primeiro inventário.

O Brasil, com uma extensão de aproximadamente 8.514.876,599 km<sup>2</sup>. Em 1990, apresentava uma área cultivada de 50.528.777 ha com contribuição total de 491,6 Gg  $N_2O$  ano<sup>-1</sup>. A emissão do setor agrícola foi estimada em 449,4 Gg, representando 91,4 %

da emissão total, deste gás emitido 87,1 Gg provem da emissão direta dos solos agrícolas brasileiros. Outros setores participaram com 42,2 Gg N<sub>2</sub>O ano<sup>-1</sup> (8,6%), como se observa na tabela 7.

**Tabela 7.** Emissão direta de N<sub>2</sub>O a partir de solos agrícolas no Brasil, período 1990-2005.

Setor	Ano				Varição	Participação	
	1990	1994	2000	2005	1990/2005	1990	2005
	(Gg N <sub>2</sub> O ano <sup>-1</sup> )					(%)	
<b>Energia (Queima de combustíveis)</b>	<b>8,9</b>	<b>8,9</b>	<b>9,4</b>	<b>11,5</b>	<b>29</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>
Subsetor industrial	3,5	3,8	4,2	5,3	54	0,7	0,7
Outros setores	5,5	5	5,2	6,2	13	1,1	0,9
Processos Industriais (Indústria química)	10,3	16,2	19,6	22,6	120	2,1	3,1
Produção de ácido nítrico	1,6	2,2	2	2,3	42	0,3	0,3
Produção de ácido adípico	8,6	14	17,5	20,3	135	1,8	2,8
<b>Agropecuária</b>	<b>449,7</b>	<b>504,6</b>	<b>540</b>	<b>660,1</b>	<b>47</b>	<b>91,5</b>	<b>90,6</b>
Manejo de dejetos animais	11,4	12,3	12,5	14	23	2,3	1,9
Gado bovino	5	5,3	5,3	5,9	17	1	0,8
Outros animais	6,4	7,1	7,2	8,1	28	1,3	1,1
<b>Solos agrícolas</b>	<b>432,5</b>	<b>485,8</b>	<b>522,4</b>	<b>639,4</b>	<b>48</b>	<b>88</b>	<b>87,8</b>
Pastagens	224,5	236,7	243,9	287,1	28	45,7	39,4
Fertilizantes sintéticos	13,8	20,8	29,5	38,9	183	2,8	5,3
Dejetos de animais	4,1	5,2	6,4	7,6	83	0,8	1
Fixação biológica	16,8	21,1	27,7	43,2	157	3,4	5,9
Resíduos agrícolas	36,1	46,6	49,1	68,5	90	7,3	9,4
Solos orgânicos	16,3	22,5	21,5	21	29	3,3	2,9
Emissões indiretas	120,9	133	144,2	173	43	24,6	23,7
Queima de resíduos agrícolas	5,8	6,4	5,1	6,7	16	1,2	0,9
<b>Mudança no uso da terra e florestas</b>	<b>11,1</b>	<b>12,4</b>	<b>19</b>	<b>19,5</b>	<b>76</b>	<b>2,3</b>	<b>2,7</b>
<b>Tratamento de resíduos (esgoto doméstico)</b>	<b>11,6</b>	<b>12,3</b>	<b>13,6</b>	<b>14,7</b>	<b>27</b>	<b>2,4</b>	<b>2</b>
<b>TOTAL</b>	<b>491,6</b>	<b>554,3</b>	<b>601,5</b>	<b>728,5</b>	<b>48</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

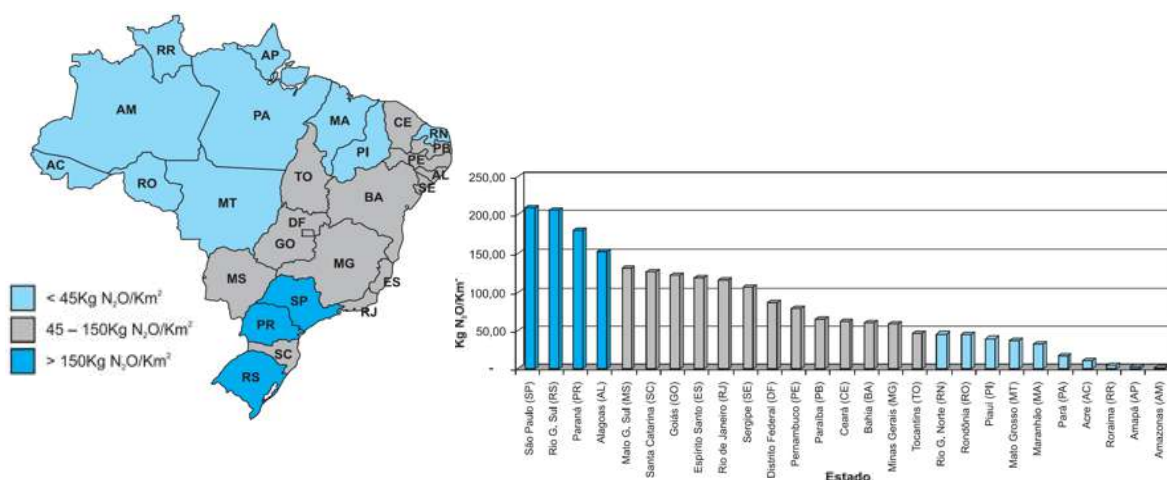
Fonte: Adaptado EMBRAPA, 2006; Ministério de Ciência e Tecnologia, 2009

Em 1994, o Brasil apresentava um total de 51.354.033 ha de área cultivada de com contribuição total de 554,5 Gg N<sub>2</sub>O. A emissão do setor agrícola foi estimada em 504,7 Gg, representando 91 % da emissão total, 116,2 Gg N<sub>2</sub>O provieram de emissões diretas de solos agrícolas. Outros setores aportaram 49,7 Gg, (9 %) como se observa na tabela 7. (EMBRAPA, 2006; Ministério de Ciência e Tecnologia, 2009).



O estado da Bahia com um território de aproximadamente 564.692,669 km<sup>2</sup>, representando 6,64% da área total nacional. Em 1995, apresentava 10.345.388 ha de lavouras, 32.076.339 ha de pastagens e 19.783.078 ha de matas e florestas (IBGE, 2009b).

Participando com emissão total de 34,42 Gg N<sub>2</sub>O, do qual a emissão direta de solos agrícolas foi de 4,13 Gg (Anexo A). A baixa emissão pode estar relacionada ao fato de que cerca de 68,7 % do solos fazem parte da região semiárida, áreas com limitações agrícolas (EMBRAPA, 2006; IBGE, 2008b,c). A distribuição das estimativas de emissão proveniente de atividades agrícolas por estado se pode observar na figura 16.



Fonte: EMBRAPA, (2006).

Nota: Dados relativos a 1994.

**Figura 16.** Distribuição estadual das emissões totais de N<sub>2</sub>O no Brasil.

Em 2005, a área brasileira plantada apresentava um total de e emissão de foi de 728,3 Gg N<sub>2</sub>O ano<sup>-1</sup>. O setor agrícola participou com 665,5 Gg N<sub>2</sub>O, correspondente a 91,4 % da emissão total, deste, a emissão direta dos solos agrícolas foi de 179,2 Gg N<sub>2</sub>O ano<sup>-1</sup>. Outros setores contribuíram em 62,8 Gg N<sub>2</sub>O ano<sup>-1</sup> (8,6 %) (EMBRAPA, 2006; Ministério de Ciência e Tecnologia, 2009).

Aumento de aproximadamente 27,3 % da área plantada no país (50.528.777 ha em 1990 e 64.312.593 ha em 2005), com aumento significativo das áreas de pastagens; incluindo emissões provenientes dos sistemas de manejo de dejetos animais em pastagem, na agricultura e emissões em campo aberto.

O aumento de áreas com culturas temporárias no país e respectiva redução na área de cultivos permanentes (EMBRAPA, 2006). O que pode significar maior número de preparo da terra por ano, para lavouras temporárias, massificação da fixação biológica por meio da adubação verde, o aproveitamento dos resíduos agrícolas na ciclagem de nutrientes no solo e ao uso de fertilizantes nitrogenados.

### **VI.7.1 Biodiesel e culturas relacionadas**

O biodiesel é um composto de mono-álquil-éteres de ácidos graxos de cadeia longa, que apresenta ou não duplas ligações. As fontes são renováveis podendo ser óleos vegetais, gorduras animais e óleos oriundos de frituras usadas (Boromi & Ramos, 2004 *apud* Penteadó, 2005).

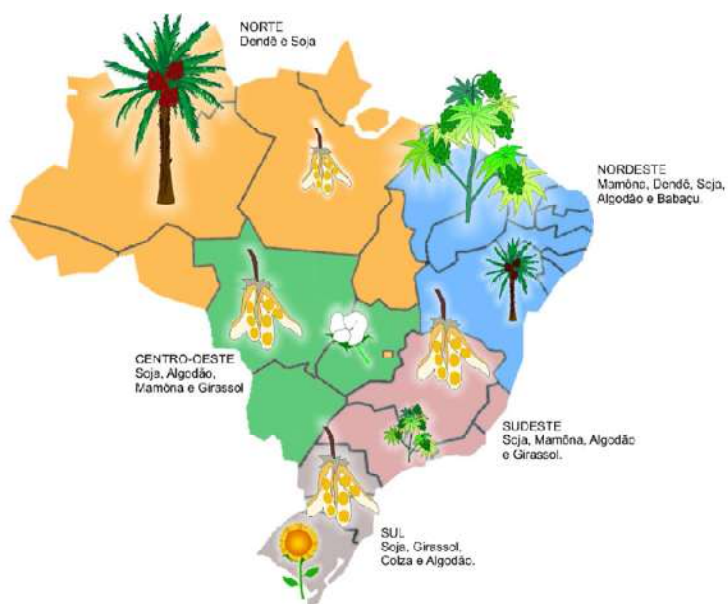
O biodiesel é miscível em óleo diesel mineral uma vez que apresenta características físico-químicas semelhantes ao diesel, podendo ser utilizado em motores do ciclo de diesel sem a necessidade de adaptações significativas (BIODIESELBR, 2010).

Os bicompostíveis são considerados como fonte de energia limpa e mais ecológica frente aos combustíveis derivados do petróleo. Possui características biodegradáveis, combustível renovável, não tóxico, praticamente livre de enxofre e conter aproximadamente 11 % de oxigênio em termos de massa e com isso reduzindo-se substancialmente nas emissões de monóxido de carbono (CO) na combustão que passa a ser emitido como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e material particulado e hidrocarbonetos não queimados (BIODIESELBR, 2010; Mothé et al., 2005; Wassell & Dittmer, 2006).

Em termos de mudança climática e balanço de CO<sub>2</sub>, a expansão e intensificação agrícola para a produção de biodiesel prevê a redução em 78 % de CO<sub>2</sub> devido a sua reciclagem, ou seja, ao sequestro de CO<sub>2</sub> do que seria a emissão correspondente se o diesel fóssil fosse utilizado. No entanto, esta vantagem ainda deve ser analisada frente a emissões de outros gases estufa, mais potentes em termos de aquecimento global e associadas à produção agrícola.

Recentemente Crutzen, (2008) realizou a discussão referente aos efeitos contraditórios que podem resultar frente ao aumento nas emissões de  $N_2O$ , quando realizado o balanço de gases efeito estufa proveniente dos biocombustíveis.

No Brasil, o consumo estimado de diesel é de 40 bilhões de litros por ano, dos quais 3,5 bilhões de litros são importados. Na associação entre, a busca de fontes de energias renováveis e por substitutos do diesel importado, o governo brasileiro lançou o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). Programa que tem como objetivo substituir parte do diesel mineral por biodiesel (Figura 17) (Cortes, 2008; BIODIESELBR, 2010).



Fonte: Pinto et al., (2005) *apud* Portela, (2010).

**Figura 17.** Distribuição regional das culturas oleaginosas no Brasil.

Essa proporção obedece a Lei 11.097/2005 que autoriza a utilização de 2 % (B2) em volume de biodiesel ao diesel comercializado no país e estabelece a obrigatoriedade de 2% a partir de 2008 e 5 % (B5) a partir de 2013.

Na Bahia, estima-se que a demanda no consumo de óleo vegetal como combustível seja de  $170.000 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ , sendo 50 % da matéria prima oriunda da agricultura familiar que poderá vir da cultura da mamona, dendê, amendoim e/ou

girassol, por encontrar-se dentro das oleaginosas com maior rendimento em óleo (tabela 8 e figura 17) (Cortes, 2008).

**Tabela 8.** Características de alguns vegetais com potencial para produção de biodiesel.

Espécie	Origem do óleo	Teor de óleo (% m/m)	Produtividade (kg há <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Produção de óleo (t ano <sup>-1</sup> )
Algodão	Caroço	48	1500	270
Amendoim	Grão	39	1800	702
Babaçu	Amêndoa	6	12000	720
Canola	Grão	38	1800	684
Dendê	Amêndoa	20	10000	2000
Gergelim	Grão	39	1000	390
Girassol	Grão	42	1600	672
Mamona	Grão	48	1500	720
Soja	Grão	18	2200	396

Fonte: Adaptado. Cadernos NAE, (2005); Portela, (2010); SEAGRI, (2006).

Também deve considerar-se que existe um crescente interesse na produção de etanol a partir de amiláceas como a mandioca. No entanto, é freqüentemente relegada por estar associada à dieta alimentar de grande parte da população (Cortes, 2008; EMBRAPA, 2008, 2009a).

#### VI.7.2 Produção de biodiesel a partir de óleo de mamona

O biodiesel é obtido a partir de misturas, em diferentes proporções, de óleos vegetais e álcool. Os ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos (biodiesel) podem ser obtidos a partir de dois processos de fabricação.

O primeiro prevê a esterificação direta de ácidos graxos livres nos óleos a serem processados com o álcool, catalisada por intermédio de ácido sulfúrico ou de outros catalisadores ácidos. Este método é pouco utilizado industrialmente devido a que é um processo custoso e lento, além, requer da obtenção prévia de ácidos graxos de glicerídeos e exige equipamentos construídos em materiais resistentes à corrosão por ácidos graxos (Mothé et al., 2005).

O segundo processo, o da transesterificação de matérias graxas (triglicerídeos ou triacilglicerol) catalisada por hidróxido de sódio, ou outros catalisadores alcalinos, é o mais recomendado.

Requer uma conversão de 97-98 % dos triglicerídeos a ésteres monoídricos quando estes são produzidos para uso como combustível em motores diesel. Na transesterificação, catalisada por soda ou por metóxido de sódio, o produto obtido se apresenta contaminado por glicerol residual, mono e diglicerídeos, triglicerídeos residuais, sabões formados por reação entre o catalisador e matérias graxas, além de substâncias resultantes do triglicerídeo utilizado.

Esses contaminantes geram problemas sérios nos motores a diesel, como corrosão ou formação de incrustações. Torna-se necessária, dessa forma, uma purificação apropriada da mistura resultante, para que sejam separados os ésteres monoídricos com características adequadas às especificações exigidas para uso em veículos (Mothé et al., 2005).

De acordo com o exposto anteriormente, diversas pesquisas focalizam a otimização dos processos de produção de biodiesel a partir de óleo de mamona (Mothé et al., 2005; Portela, 2010). Devido a reações paralelas a transesterificação que exercem maior influência sobre o rendimento da reação, tais como: hidrólise e/ou saponificação do triglicerídeo. A hidrólise produz ácidos graxos livres, enquanto a saponificação gera produtos que facilmente emulsionam o óleo na água, quando se emprega água em operações de lavagem e purificação dos ésteres (Almeida et al., 2004).

Neto et al., (2008) observaram, no processo de obtenção de biodiesel a partir de óleo de mamona, onde o catalisador é consumido nos minutos iniciais da reação para formação de sabão, durante a transesterificação. Eles argumentam a ocorrência deste fato, pela presença de água formada na reação de preparação da solução catalisadora e pela acidez do óleo de mamona.

A água na presença de triglicerídeos favorece a hidrólise, formando ácidos carboxílicos que, por sua vez, em meios básicos formam sais de ácidos carboxílicos (sabões). Isso prejudica o processo de separação de fases (biodiesel e glicerina) devido ao processo emulsificação, gerando problemas de na etapa de separação e purificação do biodiesel.

Contudo, a geração de biodiesel a partir de soja e dendê, é considerada como alternativas que apresentam viabilidade técnica e econômica devido à transesterificação, uma vez que o rendimento da esterificação dos outros óleos não é adequado.

## **VI.8 Métodos de Medição das Emissões de N<sub>2</sub>O**

Existem duas etapas para a medição das emissões de N<sub>2</sub>O no solo, ou seja, a coleta de N<sub>2</sub>O e sua detecção.

### **VI.8.1 Coleta de N<sub>2</sub>O**

Diversas técnicas são utilizadas para a coleta e medição das emissões do gás traço N<sub>2</sub>O do solo, agrupadas em três categorias principais: Método de cobertura do solo, utilizando as técnicas de câmara (Ryden et al., 1978; Siegel et al., 1982); técnicas micrometeorológicas (Mosier & Hutchinson, 1981; Yamulki et al., 1997) e amostradores passivos (Duxbury & Voghel, 1982; Kumagai & Koda, 1999; Miyahara et al., 2002; Kelly et al., 2003).

Porém, devido à simplicidade da medição, o método de cobertura do solo é amplamente utilizado.

#### **VI.8.1.1 Método de cobertura do solo**

Neste método, o fluxo do N<sub>2</sub>O do solo é estimado através de medições da concentração na interface solo-atmosfera, em uma área de cobertura do solo. Utilizando a técnica de câmara, como: frascos de vidro, caixas de chapas de acrílico ou metálico e PVC, instaladas sobre o solo descoberto durante um determinado período (Rolston & Broadbent, 1977).

Existe pouca uniformidade nos desenhos e dimensões das câmaras. Podem ser completamente fechadas à atmosfera ou abertas nos dois extremos, com algum sistema de variação da velocidade do vento sobre a superfície de medição (corrente forçada de ar), para simular condições de campo (USDA, 2003, Costa et al., 2006).

##### **1. Câmaras estáticas ou fechadas**

Não apresentam circulação forçada ou melhorada do ar, permitindo a acumulação dos gases emitidos. O fluxo do N<sub>2</sub>O pode ser calculado com a coleta periódica de amostras de ar no interior da câmara, mensurando a variação da concentração do gás com o tempo.

As vantagens das câmaras fechadas são:

1. Adequada para medir pequenos fluxos.
2. Baratas (econômicas).
3. Fáceis de construir, instalar, remover, transportar, e não precisa de equipamentos adicionais que requer de eletricidade.
4. De baixa alteração do local de medição, empregando curtos períodos de tempo.

Entre as desvantagens das câmaras fechadas temos:

1. As concentrações do  $N_2O$  no interior da câmara podem aumentar até níveis que inibem os índices de emissão normal. Este problema pode ser reduzido através do uso da câmara em curtos períodos de coleta.
2. As câmaras fechadas alteram as flutuações da pressão atmosférica, encontrada normalmente na superfície do solo. Essas flutuações podem causar uma ação de bombeamento sobre a superfície, por esta razão as câmaras fechadas podem subestimar o fluxo que aconteceria na ausência da câmara.
3. Perturbação do solo durante a instalação da base da câmara. Podendo ser reduzida, instalando a base com 24 horas antes da amostragem.
4. Diferença na precipitação, temperatura e umidade entre a área coberta pela câmara e o campo.
5. Necessidade de numerosas câmaras, para capturar a variabilidade das taxas de fluxo do  $N_2O$  em campo, devido à heterogeneidade do solo.

## **2. Câmaras dinâmicas ou de correntes forçadas de ar**

Permitem a renovação do ar no interior da câmara com ar externo, através de válvula por onde o ar exterior entra e é forçado a fluir sobre a superfície do solo encerrado. O fluxo  $N_2O$  pode ser estimado, utilizando a diferença da concentração deste gás e a razão de ar (Li et al., 2000; USDA, 2003; FAO, 2004; Costa et al., 2006).

As vantagens das câmaras dinâmicas ou de correntes forçadas de ar são:

1. Mantém as condições ambientais próximas às condições do campo. Portanto, seu uso é mais aplicável para o monitoramento contínuo do fluxo de gás por longos períodos, contudo, as condições de umidade dentro e fora da câmara são as mesmas.

2. Sensíveis aos déficits de pressão no interior, causado pelo fluxo reforçado, o que pode causar artificialmente fluxos altos. Esta situação pode-se reduzir garantindo que o tamanho do orifício de entrada de ar seja grande, comparado com a saída.
3. Assumir que os fluxos da atmosfera do solo e a concentração de gases na atmosfera da câmara estão em equilíbrios. Não obstante, os fluxos estimados podem ser errados durante o período de equilíbrio.

Entre as desvantagens das câmaras dinâmicas ou de correntes forçadas de ar estão:

1. A perturbação do solo e das condições do meio ambiente (vento, temperatura, precipitação, formação de rocío). As alterações no solo e dos fatores ambientais podem ser minimizadas, utilizando a câmara, em períodos curtos de mensuração.
2. A variação temporal e espacial são os principais problemas ao fazer estimações dos fluxos de  $N_2O$ , baseadas nas medições com câmaras. As medições em câmaras automatizadas são cada vez mais comum como resposta ao reconhecimento da alta variabilidade temporal nas emissões.

#### **VI.8.1.2 Técnicas micrometeorológicas**

As técnicas micrometeorológicas que utilizam análises da concentração atmosférica do gás e medições meteorológicas, como: a velocidade do vento, temperatura do ar, a radiação líquida e o fluxo de calor, não alteram as condições ambientais.

Estas técnicas se usam para a determinação dos fluxos em grandes áreas, e incluem correlação de correntes dos ventos, balanço energético, técnicas aerodinâmicas e balanço de massas (FAO, 2004; Costa et al., 2006).

As primeiras três técnicas micrometeorológicas, requerem de medidas completas do fluxo, sobre grandes áreas de culturas tratadas uniformemente, com distâncias de medição entre 150-200 m. Isto é necessário, para garantir que os fluxos médios a certa altitude acima da superfície, entre 1-2 m, represente o fluxo procedente da mesma superfície.

Os fluxos são constantes, somente com a altura acima da superfície, em proporção de 1/100 da distancia de horizontal de medição.



### **1. Os métodos de correlação de vórtices**

Usam uma alta frequência de mensurações da velocidade vertical do vento e a concentração de gás atmosférico, 10 amostras por segundo, em um ponto acima da superfície.

Os métodos de balaço energético requerem medições do gradiente vertical da temperatura e da umidade do ar acima da superfície, para proporcionar estimações da difusividade do gás do vórtice no ar.

### **2. Os métodos aerodinâmicos**

Requerem medições dos perfis verticais da velocidade do vento e temperatura para estimar a difusividade do gás.

### **3. O método de balanço de massa o de fluxo horizontal interado**

Pode-se usar em áreas experimentais com distancia de mensuração no intervalo de 20-50 m. Baseado no principio da conservação da massa, o método, geralmente equilibra o fluxo horizontal do gás através de um dos lados da unidade de largura na borda, na direção do vento, de uma área estabelecida. Com a emissão superficial ou absorção do gás, ao longo de uma faixa de largura similar, em direção contrária ao vento.

A densidade do fluxo horizontal em qualquer altura é o produto da velocidade do vento horizontal e concentração do gás. O fluxo total horizontal se obtém pela integração desse produto sobre a profundidade da capa modificada, sendo aproximadamente 1/10 da distância de mensuração do rádio do campo, em condições neutrais.

Uma limitação importante da técnica de balanço de massas é o alto requerimento de mão de obra. Embora, exista um método simples, menos laborioso, baseado na técnica do balanço de massas.

Neste caso, as estimações dos fluxos de gás se derivam de: as análises da velocidade do vento horizontal e da concentração do gás realizada a uma altura única na qual o fluxo horizontal é normalizado. Tem aproximadamente, o mesmo valor em qualquer regime de estabilidade atmosférica (Li et al., 2000; FAO, 2004).

### VI.8.1.3 Amostradores passivos

Os amostradores passivos para  $N_2O$ , não estão baseados em reações químicas durante a amostragem, o princípio utilizado é a adsorção do gás em partículas de peneira molecular determinada. As peneiras moleculares de carbono são as mais utilizadas por possuir poros de diversos tamanhos moleculares, o que confere uma capacidade relativamente grande de adsorção e seletividade cinética para vários tipos de gases (Reid et al., 1999; Jayaraman et al., 2002).

A seleção da peneira deve estar baseada no tamanho da molécula de interesse. Alguns estudos reportam o uso de zeolita 5A (0,3-1,0 nm de diâmetro) porque pode adsorver o  $N_2O$  (0,370 nm). Como método de desorção se utiliza água ou calor (desorção térmica), sendo mais utilizado esta última, em temperaturas baixas de 100-170 °C tendo como vantagem menor liberação de vapor de água.

A desorção é seguida por arraste do  $N_2O$  com N puro e análises são realizadas por cromatografia gasosa com detector de captura de elétrons - DCE (Miyahara et al., 2002).

Os amostradores passivos têm resultado efetivos para a conservação de  $N_2O$ , utilizando peneira molecular tipo 5 A. Sendo adequados para concentrações de  $N_2O$  de 1-10 ppm e conservação superior a 6 semanas (Duxbury & Voghel, 1982; Kelly et al., 2003).

Kumagai & Koda, (1999) desenvolveram uma nova técnica para determinar a exposição pessoal ao  $N_2O$ , utilizando como amostrador passivo, tubo de vidro contendo zeolita 5 A (60/80 mesh), em amostragem de até 8 horas.

Godbout et al., (2006) desenvolveu um amostrador passivo para medir  $N_2O$  de fontes agrícolas. O corpo do amostrador era conformado por tubos em aço inox e como recheio utilizou diferentes partículas. Obtiveram melhor absorção, de 1,31 ng de  $N_2O$  quando utilizaram carboxen-1018, seguido por 2,48 ng empregando carboxen 1021 e 3,96 ng deste gás com o uso de zeolita.

Kuhlman, (2008) validou um método de amostrador passivo para N<sub>2</sub>O em ambientes de trabalho, com peneira molecular de 5 A. Alcançando um limite de detecção de 2 ppm por hora de amostragem.

## **VI.8.2 Detecção do N<sub>2</sub>O**

Existem vários métodos para a detecção do gás N<sub>2</sub>O, incluindo: cromatografia em fase gasosa, espectrometria, espectroscopia, quimiluminescência e calorimétrica. No entanto, todos estes métodos requerem o uso de equipamentos caros e complexos.

Isto faz com que seja impossível de realizar monitoramento em tempo real e controle do N<sub>2</sub>O para aplicações médicas como anestesia.

### **VI.8.2.1 Técnica de cromatografia gasosa (CG)**

O desenvolvimento e a introdução do detector de captura de elétrons <sup>63</sup>Ni - DCE na técnica de cromatografia gasosa, permitiu que as análises de N<sub>2</sub>O foram de 100-1000 vezes mais sensível e tornou-se mais simplificada (Matson & Harriss, 1995).

Ao longo do tempo, o aperfeiçoamento da cromatografia tem feito a detecção N<sub>2</sub>O em ar, altamente precisa (0,2 % de 300 ppbv) e exata (5 %).

Atualmente, o método comumente empregado para a análise de N<sub>2</sub>O é a cromatografia gasosa equipada com DCE. A resposta para N<sub>2</sub>O pode ser ou não linear dependendo do instrumento e o intervalo de concentração a serem estudados.

Geralmente, nas análises de N<sub>2</sub>O se recomenda o uso de colunas cromatográficas de polímeros empacotados, como: HayeSep-Q ou -N e Porapak-Q (Singh et al., 1979; Elkins, 1980; Butler et al., 1989 *apud* Matson & Harriss, 1995) em comprimentos variáveis, 1-6 m, operadas em temperaturas baixas (45-70 °C).

As colunas permitem a separação do N<sub>2</sub>O, desde os principais constituintes do ar, que provavelmente causariam interferência.

Não obstante, estudos mostram o uso predominante de outros tipos de colunas empacotadas, como: Porapak-N 80/100 mesh (Yamulki et al., 1997); Porapak-Q SO-100, 80/100 mesh (Maag & Vinther, 1996; Upstill-Goddard et al., 1996; Kim & Burger,

1997; Mitsui et al., 1997; Batallón et al., 1998; Hadi et al., 2000; ); Porapak-QS (Bruner, 1993; Thijsse, 1978); Porasil-L (Lal & Sheel, 2000) e HayeSep-Q 80/100 mesh (Dalsgaard & Bak, 1992; McLain & Martens, 2005; van Hare et al., 2005);.

Como gás de arraste, utiliza-se frequentemente; Nitrogênio ultrapuro e Argônio (5 % metano). Enquanto, ao volume de amostra para injeção e análises, o N<sub>2</sub>O pode ser medido com precisão e exatidão em amostras de ar de 1-5 ml (Matson & Harriss, 1995).

### **VI.8.2.2 Técnicas ópticas**

Desenvolvimentos recentes de métodos que utilizam diferentes técnicas ópticas, como o infravermelho (IR) com transformada de Fourier (FTIR), estão sendo potencialmente significativos, com aproximação não intrusiva para a mensuração de concentrações baixas e fluxos de N<sub>2</sub>O. Além são continuamente melhoradas.

Porém, essas técnicas não são consideradas no “*Standard methods*”. Entre as principais técnicas estão:

**1. Espectroscopia de infravermelho**, (Sigrist, 1994).

#### **2. Técnica de espectrometria fotoacústica no infravermelho (IR-PAS)**

Monitor multigás, equipado com um filtro óptico (IR-PAS). Detecta o N<sub>2</sub>O a baixas concentrações; devido a que este gás tem potentes bandas de absorção no infravermelho, maiores do que 200 nm.

O tempo de análise para uma amostra de ar é de aproximadamente menor a 2 min. em relação ao tempo na cromatografia gasosa - CG, quase com a mesma precisão, embora o tempo de análises da CG possa ser até 12 min.

O dispositivo IR-PAS é bastante prático para medir N<sub>2</sub>O em concentrações na faixa de <1 uL/L em ar (Mitsui et al., 1997).

## **VII. METODOLOGIA**

### **VII.1 Local de Amostragem**

A pesquisa foi conduzida no campo Experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no município de Cruz das Almas - BA, localizado a 12°40'19"S, 39°06'23"W e com altitude média de 220 m.

A temperatura média anual é de 24,1 °C, o clima local segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical quente e úmido (Aw a Am), com pluviosidade média anual de 1170 mm e variações entre 900-1300 mm. Sendo os meses de março a agosto os mais chuvosos e de setembro a fevereiro os mais secos.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo Álico Coeso, de textura argilosa e relevo plano (Almeida, 1999; Ribeiro et al., 1995).

As campanhas de amostragem para avaliar as emissões de N<sub>2</sub>O foram realizadas em dois campos experimentais ao acaso com cultivos de mamona, girassol; cultura de aipim em quintal sob sistema de produção familiar e uma área sem intervenção antrópica for selecionada na reserva natural do remanescente de corredor central de mata atlântica, localizado na EMBRAPA-CNPMF, Cruz das Almas.

O estudo foi realizado no período de verão entre os meses de novembro e dezembro de 2009.

### **VII.2 Técnica de Amostragem**

Atualmente, o Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia - UFBA não tem implementado técnica analítica para a coleta e mensuração do gás de efeito estufa, N<sub>2</sub>O.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi selecionada a técnica de câmara estática. Devida às suas características logísticas, como: fácil construção, utilizando material inerte como o Policloreto de vinila - PVC (impermeável a gases, isolante térmico e resistente às intempéries), transporte, instalação e remoção. Além de não

precisarem de equipamentos adicionais que requerem eletricidade em campo. Metodologia adequada para realização da coleta *in-situ* deste gás, na interface solo-atmosfera.

A quantificação do  $N_2O$  realizou-se utilizando a técnica de cromatografia gasosa, equipada com DCE, determinando a concentração e os fluxos deste gás, em campos experimentais de culturas oleaginosas, subsistência e floresta.

Foram realizadas campanhas de coleta, por períodos semanais entre novembro e dezembro de 2009. As especificações técnicas da câmara estática seguiram o modelo descrito por Saggari et al., (2004).

As câmaras estáticas foram desenhadas, em duas partes: A primeira, a parte móvel, com forma cilíndrica fechada na parte superior e adaptada com termômetro, ventilador e septo de borracha pelo qual eram retiradas as amostras de gás durante as coletas. As dimensões desta cúpula de PVC foram 30 cm de altura e 30 cm de diâmetro, (figura 18).

A segunda parte é uma base circular metálica com calha, com diâmetro de 30 cm e 10 cm altura. A base foi inserida no solo a uma profundidade de 10 cm, deixando-se exposta a calha para encaixe da parte móvel da câmara. A instalação da base se realizava, 24 horas antes da amostragem, período que permitiria o restabelecimento das condições perturbadas no solo. A retirada da base era feita quando finalizado o período de coleta (figura 18).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 18.** Detalhe da câmara estática e vista instalada em campo para coleta.

No momento de amostragem, a parte móvel da câmara era encaixada na calha da base metálica e se adicionava 200 mL de água, na calha para a selagem, impedindo troca gasosa entre o interior da câmara e o ambiente.

Após a selagem, duas amostras de gás de 100 mL foram coletadas, a primeira no tempo zero ou início do intervalo de coleta ( $T_i$ ), e a segunda ao final do intervalo de coleta ( $T_f$ ). Foram usadas garrafas Summa Canister de vidro (100 mL), equipadas com torneira e previamente evacuadas.

### **VII.2.1 Aperfeiçoamento da técnica de amostragem**

Durante 4 meses foram realizados testes preliminares de coleta de ar no laboratório e em campo, com protótipo da câmara estática de dimensões 15 cm de altura e 30 cm de diâmetro, intervalos de coleta de 0, 15, 30, 45 e 90 min. Utilizando garrafas Summa Canister (100 mL), previamente lavadas, secadas e avaliadas na conservação do vácuo.

Durante as análises cromatográficas, foi injetado volumes das amostras de 1 e 2 mL, obtendo-se cromatogramas não legíveis, pouca resolução nos picos de  $N_2O$ , devido à relação sinal/ruído elevada.

Posteriormente, foi redimensionada a câmara estática a 30 cm de altura e 30 cm de diâmetro. Fizeram-se novos testes, realizando coleta de ar em tempos de amostragem maiores, tais como; 45, 90 e 120 min.

As amostras foram analisadas, injetando 1 e 2 mL da amostra no cromatógrafo de gás. Observaram-se melhores resoluções cromatográficas, picos de  $N_2O$  mais definidos, nos cromatogramas das amostras coletadas a 90 min. e volume de injeção de 2 mL.

Portanto, foram selecionadas como condições de coleta: O uso da câmara estática das dimensões 30x30 cm, tempo de amostragem de 90 min. e volume de injeção de amostra de 2 mL.

O tempo selecionado de 90 min. resultou suficiente para evitar perturbações no gradiente de emissão e mistura do  $N_2O$ , no interior da câmara; de acordo com ensaios prévios e às recomendações no item VI.8.1.1.

Para proteger as câmaras estáticas de danos, a parte móvel foi removida dos locais uma vez finalizadas as coletas.

A campanha de amostragem foi realizada em duas etapas: a primeira, para determinar a variabilidade diurna dos fluxos de  $N_2O$ , e estabelecer o perfil de emissão diurna, assim como identificar os períodos de máxima e mínima emissão. A coleta foi realizada a partir das 6:00 até 17:55 horas, em intervalos de amostragem de 90 min. com 30 min. de pausa; obtendo-se 6 intervalos de coleta ao longo do período diurno.

A segunda etapa tinha como objetivo determinar a variabilidade temporal ao longo de 5 dias de coleta. Amostrando no período de menor emissão, 06:00-07:30, e de máxima emissão, 12:15-13:45. Identificados previamente, nos resultados obtidos na primeira etapa.

### **VII.3 Método cromatográfico**

A técnica cromatográfica foi adaptada no Laboratório de Química Analítica Ambiental -LAQUAM e no laboratório de Higiene Industrial da Fundacentro em Salvador, Bahia. As amostras foram analisadas em tempo máximo de 24 horas usando cromatógrafo de gás Varian® equipado com  $^{63}Ni$  detector por captura de elétrons -DCE.

A coluna empacotada utilizada foi Hayesp-D, 80/100 mesh de 3,0 m x 3 mm. A seleção desta coluna se deve a que permite a separação do  $N_2O$  dos principais constituintes do ar, proporcionando picos particularmente com boa resolução de hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio (Dalsgaard & Bak, 1992; McLain & Martens, 2005; van Haren et al., 2005; Hayesep Chromtech, 2008).

As condições cromatográficas de trabalho foram: 33 °C na coluna, 100 °C no injetor e 300 °C no detector, 2 mL de volume de injeção de amostra e nitrogênio ultrapuro como gás de arraste com fluxo de 17 mL min<sup>-1</sup> (Thomson et al., 1997).

Para a calibração analítica, a partir de mistura padrão de  $N_2O$  de 20 ppmv (White Martins), foram preparados padrões secundários de  $N_2O$ , na faixa de concentração de 31-500 ppbv. Através da diluição por pressão, da mistura padrão em ar sintético ultraseco (White Martins). Utilizando o sistema de linha de vácuo implementado no LAQUAM (Oliva, 1998).



Uma vez realizada a injeção dos padrões (31, 62, 125, 250 e 500 ppbv) e ar sintético como branco analítico, da curva analítica de calibração. Realizaram-se os cálculos da concentração de N<sub>2</sub>O, assumindo que as concentrações deste gás no interior da câmara variam linearmente no tempo. Por tanto, utilizaram-se os parâmetros da equação de regressão linear da curva analítica (Healy, 1996; Li et al., 2000; USDA, 2003):

$$y = ax + b \quad (12)$$

onde, x= concentração de N<sub>2</sub>O na amostra (ppbv); y= área do pico de N<sub>2</sub>O no cromatograma; b= Coeficiente linear da reta e a= Coeficiente angular da reta.

Durante as análises das amostras de campo, o branco amostral foi considerado o ar coletado ao início das amostragens, ou seja, a concentração atmosférica de campo. Também foram realizadas calibrações analíticas semanais e a injeção diária de padrões selecionados aleatoriamente para monitoramento da sensibilidade na detecção do N<sub>2</sub>O.

### **VII.3.1 Validação do método**

Para garantir a qualidade das medições analíticas nas amostras obtidas foi planejado o método analítico a partir de estratégias reconhecidas, estas foram aplicadas continuamente ao longo de todo o desenvolvimento do estudo.

Os parâmetros analíticos para a validação do método analítico incluíram: linearidade, precisão (repetibilidade, reprodutibilidade e repetibilidade amostral), limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ).

#### **VII.3.1.1 Linearidade da curva analítica de calibração**

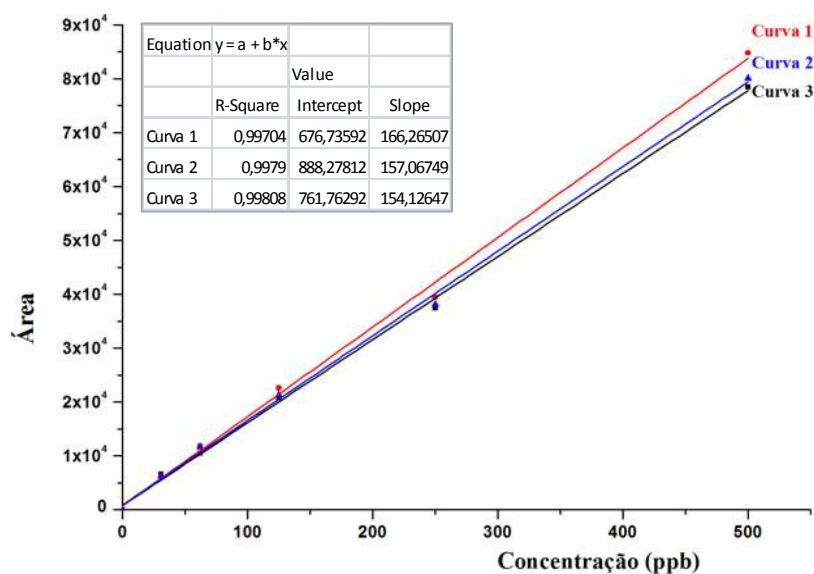
A linearidade corresponde à capacidade do método em fornecer resultados diretamente proporcionais à concentração da substância em análises, dentro de uma determinada faixa de aplicação ou concentração (ICH, 1995; Shabir, 2003).

A correlação entre o sinal medido (área ou altura do pico) e a concentração do analito pode ser quantificada, na maioria dos casos, através da relação matemática entre o sinal e a concentração da espécie de interesse, a partir de sinais medidos para concentrações conhecidas dessa espécie. Essa relação matemática, muitas vezes, pode

ser expressa como uma equação de reta chamada de *curva analítica* (Barros, 2002 *apud* Ribani et al., 2004).

Para estabelecer a linearidade do método, foram realizadas curvas de calibração diariamente antes da análise de amostras, as curvas incluíram padrões secundários de N<sub>2</sub>O correspondentes ao intervalo compreendido entre 10-160 % da concentração atmosférica de N<sub>2</sub>O, de forma a atender os requisitos de precisão e exatidão (Swartz, 1998 *apud* Ribani et al., 2004).

A determinação da linearidade foi executada por duplicata através das curvas analíticas de calibração na faixa de aplicação de 0-500 ppbv de N<sub>2</sub>O, o que possibilitou a detecção de N<sub>2</sub>O dentro dos limites de interesse, considerando que a resposta do detector de captura de elétrons (DCE) do cromatógrafo de gás Varian<sup>®</sup> conservou-se linear (Gráfico 1).



**Gráfico 1.** Curvas analíticas de calibração típicas na determinação de N<sub>2</sub>O.

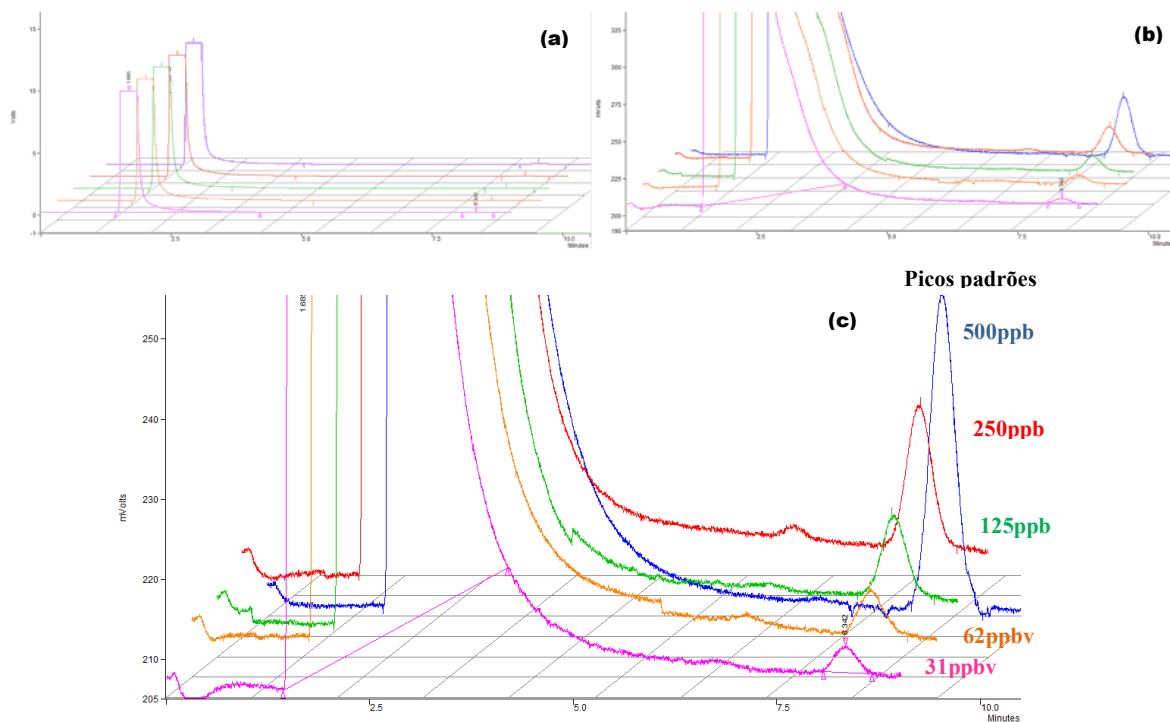
Utilizando-se como critério mínimo aceitável um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) maior a 0,99, como resultado foi obtido um valor médio de 0,997, indicando que os resultados da metodologia analítica são diretamente proporcionais às concentrações de N<sub>2</sub>O. Na tabela 9 se observam os  $R^2$  obtidos nas curvas analíticas de calibração, o  $R^2$  médio, as estimativas do desvio-padrão (D-p) e o coeficiente de variação (CV).

**Tabela 9.** Áreas dos picos de N<sub>2</sub>O na calibração analítica e coeficientes de determinação.

Concentração	Curva 1	Curva 2	Curva 3	Curva 4	Curva 5	Curva 6	Curva 7
0	0	0	0	0	0	0	0
31	6380	7308	6580	6179	6611	6385	6430
62	10668	11556	10889	11682	10458	11827	11086
125	20742	22478	22742	21310	20811	22562	21831
250	37072	38190	38733	38109	37386	39429	39973
500	80797	84028	82802	80091	78499	84802	83802
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,997</b>	<b>0,996</b>	<b>0,998</b>	<b>0,998</b>	<b>0,999</b>	<b>0,998</b>	<b>0,999</b>
<b>Média R<sup>2</sup></b>	<b>0,997</b>	<b>D-p. 9,60E-4</b>			<b>CV: 9,63E-4</b>		

Os cromatogramas típicos obtidos para cada um dos padrões utilizados na analítica calibração podem-se observar na figura 19. O pico maior com tempo de retenção de aproximadamente 1,6min. corresponde ao oxigênio, enquanto que, o pico de interesse, do N<sub>2</sub>O teve um tempo de retenção de 8,32 min.

Também se observe na figura 19, a proporcionalidade na altura do pico por cada cromatograma em função da concentração do padrão de N<sub>2</sub>O analisado.



**Figura 19.** Vista geral dos cromatogramas dos padrões de N<sub>2</sub>O (a, b) e picos obtidos por padrão (c).

### VII.3.1.2 Precisão

A precisão representa a dispersão dos resultados entre ensaios independentes, repetidos de uma mesma amostra, amostras semelhantes ou padrões. Sob condições definidas, a precisão poder ser expressa pela estimativa do desvio-padrão relativo (D-pR), também conhecido como coeficiente de variação (CV) (ICH, 1995; IUPAC, 2002).

- **Repetibilidade**

A repetibilidade representa a concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo método, efetuadas sob as mesmas condições de medição. As denominadas condições de repetibilidade são: mesmo procedimento; mesmo analista; mesmo instrumento usado sob as mesmas condições; mesmo local e repetições em um curto intervalo de tempo.

Este parâmetro envolve várias medições da mesma amostra, em diferentes preparações, algumas vezes é denominada precisão intraensaio e pode ser expressa através da estimativa do coeficiente de variação ou intracorrída (ANVISA, 2003 *apud* Ribani, 2004; Shabir, 2003).

Neste caso, calculou-se a repetibilidade injetando um mesmo padrão 10 vezes consecutivas no mesmo dia e pelo o mesmo operador. O coeficiente de variação relativo às 10 medidas para o padrão do N<sub>2</sub>O de 125 ppbv foi de 5,4 %.

As áreas para as diferentes injeções do mesmo padrão se mostram na tabela 10.

**Tabela 10.** Resultado do teste de repetibilidade e reprodutibilidade.

Teste	Padrão 125 ppbv		Repetibilidade amostral
	Repetibilidade	Reprodutibilidade	
No. Injeções	Área do pico		
1	20393	20742	31590
2	18343	22478	31374
3	19870	22742	30350
4	19624	21310	31891
5	18284	20811	30320
6	18417	22562	
7	17521	21327	
8	19154	21369	
9	20797	22462	
10	18801	22075	
<b>Média</b>	<b>19121</b>	<b>21787</b>	<b>31105</b>
<b>D-p</b>	<b>1038,47</b>	<b>759,17</b>	<b>726,57</b>
<b>CV</b>	<b>0,054</b>	<b>0,0348</b>	<b>0,023</b>

- **Reprodutibilidade**

A reprodutibilidade é o grau de concordância entre os resultados das medições de uma mesma amostra, efetuadas sob condições variadas (mudança de operador, local, equipamentos, etc.). A determinação da reprodutibilidade se representa pela estimativa do desvio-padrão relativo de todas as injeções do padrão N<sub>2</sub>O de 125 ppbv (tabela 10).

Nesta pesquisa, o grau de concordância relativo às 10 medidas do padrão N<sub>2</sub>O de 125 ppbv, durante 10 dias diferentes, foi de 3,48 %.

A repetibilidade amostral, foi realizada a partir da análise de 5 amostras coletadas simultaneamente em campo. O desvio-padrão relativo, calculado neste teste foi de 2,3 %.

### VII.3.1.3 Limite de detecção (LD)

O LD representa a menor concentração do composto de interesse que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada, por meio de um procedimento experimental. A determinação do LD do método analítico foi realizada mediante as recomendações técnicas do ICH, (1995); IUPAC, (2002) e INMETRO, (2003).

Utilizou-se o método baseado nos parâmetros da curva analítica, como: a inclinação ou “slope” (S) e a estimativa do desvio-padrão (s) da equação da linha de regressão. O LD calculado foi de 29,9 ppbv (tabela 11).

O limite de detecção pode ser expresso como:

$$LD = 3 \times \frac{S}{S} \quad (13)$$

**Tabela 11.** Equações e parâmetros para a determinação do limite de detecção do método analítico para N<sub>2</sub>O.

N	Equação da curva	R <sup>2</sup>	Inclinação (S)	D-p (s)	LD*	LQ*
6	158,44x+381,8	0,997	158,44	1717,7	32,5	108,4
6	163,65x+857,9	0,996	163,65	2174,8	39,8	132,9
6	162,43x+752,2	0,997	162,43	1705,7	31,5	105,0
6	157,07x+888,3	0,998	157,07	1354,3	25,9	86,2
6	154,13x+761,8	0,999	154,13	1270,2	24,7	82,4
6	166,27x+676,7	0,998	166,27	1702,4	30,7	102,4
7	161,18x+1196,8	0,997	161,18	1696,7	31,6	105,3
7	155,99x+1269,2	0,998	155,99	1368,3	26,3	87,7
7	153,02x+1155,6	0,998	153,02	1312,8	25,7	85,8
7	165,10x+1122,7	0,997	165,01	1695,1	30,8	102,7
<b>Média</b>					<b>29,9(±4,5)</b>	<b>99,8(±15,1)</b>

\*LD e LQ expressados em ppbv. Valores entre parênteses representam os D-p das estimativas LD e LQ.

### VII.3.1.4 Limite de quantificação (LQ)

O LQ representa a menor concentração da substância em estudo que pode ser medida através de um procedimento experimental. A determinação do LQ do método analítico seguiu as recomendações técnicas do ICH, (1995), IUPAC, (2002) e INMETRO, (2003).

Utilizou-se como critério de cálculo, a relação entre a estimativa do D-p da resposta e a inclinação da curva analítica (S), a partir da equação:

$$LQ = 10 \times \frac{S}{S} \quad (14)$$

Igualmente, foram utilizados os parâmetros das curvas analíticas de tabela 11 para calcular o LQ; o critério para estabelecer este limite é referente a 10 vezes o desvio-padrão. O LQ obtido foi de 99,8 ppbv.

## VII.4 Determinação do Fluxo de N<sub>2</sub>O

O aumento da concentração de N<sub>2</sub>O no interior do “*headspace*” da câmara estática foi geralmente linear com o tempo ( $R^2 > 0,90$ ), portanto os fluxos de N<sub>2</sub>O foram calculados usando regressão linear.

Estabelecendo a mudança de concentração do gás ao longo do tempo, se pode determinar o fluxo de emissão, por meio da seguinte equação:

$$Q = \frac{V}{A} \times \frac{(C - C_0)}{t} \quad (15)$$

onde Q, é o fluxo de N<sub>2</sub>O; V o volume da câmara (m<sup>3</sup>); A corresponde à área da base da câmara (m<sup>2</sup>); C a concentração do gás (µg m<sup>-3</sup>) no tempo t<sub>90</sub> e C<sub>0</sub> é a concentração inicial a t<sub>0</sub>, t é o tempo em horas (Li et al., 2000; USDA, 2003).

#### VII.4.1 Variabilidade diurna dos fluxos de N<sub>2</sub>O

Para a estimativa do fluxo de N<sub>2</sub>O no estudo de variabilidade diurna, foi assumida uma aproximação de cálculo integral, da seguinte maneira:

1. Nos horários de 09:30 até 15:50, se apresentou aumento do fluxo em intervalos de 2 horas. O que significa que no dia, as maiores taxas de emissão do N<sub>2</sub>O se ocorreram em um período integral de 6 horas.
2. Estima-se que, a partir das 18:00 até 09:30, as taxas de emissão deste gás foram baixas, compreendendo um período integral de 18 horas. Desse modo, podemos estabelecer as estimativas médias dos fluxos mínimo, máximo e médias diário das áreas avaliadas. Foram seguidos, os seguintes parâmetros de cálculo:

1. O fluxo mínimo da variabilidade diurna para cada subárea:

$$\text{Fluxo mínimo } vd_{\text{subárea}} (\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}) = \left[ \frac{A + A'}{2} \right] \quad (16)$$

onde, *subárea* corresponde a fileira ou entrelinha; *A* corresponde ao menor fluxo registrado na primeira hora de amostragem (7:30 horas) e *A'* corresponde ao menor fluxo registrado na tarde (17:55 horas).

2. O fluxo máximo da variabilidade diurna para cada subárea:

$$\text{Fluxo máximo } vd_{\text{subárea}} (\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}) = \left[ \frac{B \times 2 + B' \times 2 + B'' \times 2}{6} \right] \quad (17)$$

onde, *subárea* corresponde a fileira ou entrelinha, os valores B, B' e B'', correspondem aos 3 fluxos maiores encontrados nos horários de 11:40, 13:45 e 15:50, respectivamente.

3. O fluxo em cada subárea por hora na variabilidade diurna:

$$\text{Fluxo hora } vd_{\text{subárea}} (\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}) = \left[ \frac{\text{Fluxo mínimo}_{\text{subárea}} \times 18 + B \times 2 + B' \times 2 + B'' \times 2}{24} \right] \quad (18)$$

4. O fluxo da área plantada na variabilidade diurna:

$$\mathbf{Fluxo\ } \mathbf{vd}_{\mathbf{cultura}} (\mu\mathbf{gN}_2\mathbf{O}\mathbf{m}^{-2}\mathbf{h}^{-1}) = \left[ \frac{\mathbf{Fluxo\ } \mathbf{hora\ } \mathbf{vd}_{\mathbf{fileira}} \times \mathbf{C}' + \mathbf{Fluxo\ } \mathbf{hora\ } \mathbf{vd}_{\mathbf{entrelinha}} \times \mathbf{C}''}{\mathbf{C}} \right] \quad (19)$$

onde,  $C'$  corresponde à largura da subárea fileira,  $C''$  corresponde à largura da subárea entrelinha e  $C$  corresponde à largura total da unidade de referência que corresponde à largura entre duas fileiras de acordo com as figuras 21, 24 e 27.

#### VII.4.2 Variabilidade temporal dos fluxos de $\text{N}_2\text{O}$

No caso da variabilidade temporal dos fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$ , realizada durante 5 dias. O maior fluxo é afetado pelo percentual de relação entre, o fluxo máximo obtido e fluxo máximo determinado no estudo de variabilidade diurna de  $\text{N}_2\text{O}$ . Assim, os cálculos para cada subárea se seguiram os seguintes parâmetros:

1. Percentual do fluxo médio máximo:

$$\% \mathbf{fluxo\ } \mathbf{m\acute{a}ximo}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}} = \left( \frac{\mathbf{fluxo\ } \mathbf{m\acute{a}ximo\ } \mathbf{vd}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}}}{\mathbf{fluxo\ } \mathbf{maior\ } \mathbf{6h}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}}} \right) \times 100 \quad (20)$$

onde,  $sub\acute{a}rea$  corresponde a fileira ou entrelinha;  $fluxo\ } \mathbf{m\acute{a}ximo\ } \mathbf{vd}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}}$  ao fluxo máximo na variabilidade diurna calculado anteriormente e  $fluxo\ } \mathbf{maior\ } \mathbf{6h}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}}$ , corresponde ao maior fluxo que se encontrou na faixa de 6 horas no estudo da variabilidade temporal, assim dos horários 11:40, 13:45 e 15:50 se seleciona o maior fluxo.

2. Fluxo médio na variabilidade temporal:

(21)

$$\mathbf{Fluxo\ } \mathbf{m\acute{e}dio\ } \mathbf{vt}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}} = \left[ \frac{(\mathbf{fluxo\ } \mathbf{m\acute{e}dio\ } \mathbf{min}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}} \times 18\mathbf{h}) + (\mathbf{fluxo\ } \mathbf{m\acute{e}dio\ } \mathbf{m\acute{a}x}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}} \times 6\mathbf{h} \times \% \mathbf{fluxo\ } \mathbf{m\acute{a}ximo}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}})}{24\mathbf{h}} \right]$$

onde,  $sub\acute{a}rea$  corresponde a fileira ou entrelinha;  $fluxo\ } \mathbf{m\acute{e}dio\ } \mathbf{min}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}}$  à média dos fluxos encontrados no período das 7:30 horas, nos 5 dias de estudo e  $fluxo\ } \mathbf{m\acute{e}dio\ } \mathbf{m\acute{a}x}_{\mathbf{sub\acute{a}rea}}$  corresponde à média dos fluxos encontrados no período das 13:45 horas nos 5 dias de estudo.



3. Fluxo da área plantada na variabilidade temporal:

$$\mathbf{Fluxo\ } vt_{cultura} (\mu g N_2 O m^{-2} h^{-1}) = \left[ \frac{\mathbf{Fluxo\ } vt_{fileira} \times C' + \mathbf{Fluxo\ } vt_{entrelinha} \times C''}{C} \right] \quad (22)$$

onde,  $C'$  é a largura da subárea fileira,  $C''$  a largura da subárea entrelinha e  $C$  corresponde à largura total da unidade de referência que corresponde à largura entre duas fileiras de acordo com as figuras 21, 24 e 27.

## VII.5 Cultura de Mamona (*Ricinus communis*)

A mamoneira (*Ricinus communis*) é da família Euphorbiaceae, espécie perene, de crescimento indeterminado, rústica resistente à seca e com alta capacidade de adaptação às diferentes condições de clima e solo (Goes, 2007).

O Brasil se encontra entre os três principais produtores de óleo de mamona, depois da China e a Índia. Atualmente, a Bahia é o maior produtor de mamona do Brasil atingindo 93 % do total nacional. De acordo com o Programa de Biodiesel da Bahia e o zoneamento realizado pela EMBRAPA, constata-se que o estado da Bahia possui grande potencial para a expansão do cultivo da mamona.

A partir do zoneamento identificaram-se 190 municípios que apresentam o potencial de desenvolvimento da ricinocultura (Beltrão et al., 2004).

Do ponto de vista do agronegócio, tem se desenvolvido cultivares<sup>5</sup> e híbridos de mamona, na procura de fatores importantes para a expressão do potencial de produtividade da mamoneira, como: altura da planta, ciclo vegetativo entre outras.

### 1. Cultivares de Mamona

As cultivares de mamona são obtidas por programas de melhoramento genético, por meio da seleção massal ou da hibridação artificial mamona (Rodrigues et al., 2008; EMBRAPA, 2009b; Simon, 2009), entre as principais cultivares utilizadas estão:

- **AL Guarany 2002:** Cultivar lançada em 2002, pelo Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI). Originada por seleção massal clássica da cultivar Guarani. Tem ciclo vegetativo de 180 dias (até a colheita dos cachos terciários), porte médio, fruto indeiscente<sup>6</sup>, cloração das hastes roxa-avermelhada com cerosidade e ramificações com angulação bem fechada.

---

<sup>5</sup> Cultivar o cultivares: Cultivar é uma subdivisão de uma espécie agrícola que se distingue de outra por qualquer característica perfeitamente identificável, seja de ordem morfológica, fisiológica, bioquímica ou outras julgadas suficientes para sua identificação (UNISC, 2008).

<sup>6</sup> Indeiscência do fruto: Os frutos indeiscentes não abrem depois de secos nem na planta e nem no terreno, mantém a semente em seu interior, a colheita é única e não ocorrem perdas por deiscência (Filho, 2005; Rodrigues et al., 2008).

- **IAC Guarani:** Cultivar lançada em 1974, pelo Instituto Agrônomo/Seção de Oleaginosas, Campinas, SP. Apresenta ciclo vegetativo de 180 dias, porte médio, fruto indeiscente, hastes rosadas com cera e ramificação fechada.
- **IAC 80:** Cultivar lançada em 1982 pelo Instituto Agrônomo/Seção de Oleaginosas, Campinas, SP. De frutos deiscentes<sup>7</sup>, porte alto, altura média de 2,50-3,50 m, hastes verdes sem cera e ramificadas, ciclo vegetativo de 240 dias, potencial produtivo de 1.500-4.000 kg ha<sup>-1</sup>, colheita manual com 4-5 repasses, 47 % de óleo nas sementes e peso de 100 sementes, 43 g.
- **IAC 226:** Cultivar lançada em 1991 pelo Instituto Agrônomo/Seção de Oleaginosas, Campinas, SP. De frutos indeiscentes, porte alto, altura média de 2,50-3,50 m, hastes rosadas com cera e ramificadas, ciclo vegetativo de 180 dias, potencial produtivo de 1.500-4.000 kg ha<sup>-1</sup>, colheita única, 47% de óleo nas sementes e peso de 100 sementes, 34 g.
- **Guarani:** Cultivar de frutos indeiscentes, porte médio, altura média de 1,80-2,00 m, ciclo vegetativo de 180 dias, potencial produtivo de 1.500-4.000 kg ha<sup>-1</sup>, colheita única, 47% de óleo nas sementes e peso de 100 sementes, de 43g. Esses cultivares indeiscentes necessitam ser descascadas mecanicamente, com máquina específica para mamona, sendo essa, basicamente a principal diferença entre as cultivares.
- **BRS 149 Nordestina:** Cultivar lançada em 1998, pela Embrapa Algodão, porte médio e frutos semideiscentes.
- **BRS 188 Paraguaçu:** Cultivar lançada em 1999, pela Embrapa Algodão, porte baixo, frutos semideiscentes, haste roxa com cera e sementes de coloração preta.

#### ➤ **Híbridos de mamona**

Na síntese de híbridos são selecionadas linhagens com características desejáveis que vão compor o novo germoplasma. Na mamona interessam linhagens que transmitam alta porcentagem de flores femininas, precocidade e porte baixo.

Híbridos distribuídos comercialmente no Brasil apresentam características de precocidade, porte baixo, altura de 1,50 m, frutos indeiscentes, alta porcentagem de plantas femininas (Goes, 2007; EMBRAPA, 2009b), entre os principais híbridos de mamona se encontram:

---

<sup>7</sup> Deiscência do fruto: O fruto da mamona é uma cápsula normalmente com espinhos. A deiscência é a abertura da cápsula seca na sutura com a liberação de três sementes. A colheita dos frutos de cultivares deiscente deve ser feito antes da ocorrência desse fenômeno (Filho, 2005; Rodrigues et al., 2008).

Híbridos comerciais Íris, Lara, Lyra, Mara, Sara e Savana, possuem alta porcentagem de flores femininas, porte baixo, precocidade, fruto indeiscente e, possibilitando a colheita mecânica.

## 2. Colheita

A colheita reúne as operações necessárias para remover os frutos da planta e colocar as sementes em condições de comercialização. Sendo que os procedimentos da colheita dependem das características da cultivar utilizada

**Método para cultivares deiscentes:** O fruto é uma cápsula que se abre e libera três sementes. Ocorre após a maturação do racemo pela abertura violenta dos frutos, expelindo as sementes à distância. A maturação dos racemos é progressiva, ocorrendo dos racemos primários para os secundários e terciários, mantendo um determinado intervalo em torno de 30 dias entre um e outro, necessitando nesse caso, de uns cinco a seis repasses de colheita.

A operação manual de colheita é a retirada do racemo da planta manualmente, utilizando tesoura de poda, podão ou quebra do racemo. Depois da retirada, faz-se a remoção dos frutos do racemo, utilizando-se pente rústico de pregos ou manualmente, sendo depois transportada para secagem natural somente dos frutos.

Outra forma de colheita é a retirada do racemo diretamente e transportando o cacho inteiro para secagem natural, resultando em manejo de alta porcentagem de material inerte. A colheita do racemo é efetuada quando 3/4 dos frutos estão secos.

**Colheita mecanizada:** É utilizado quando do cultivo em grandes extensões de área. É colhido quando todos os racemos estão maduros ou secos.

A mamona, além de fornecer óleo, gera grandes quantidades de resíduos agrícolas (hastes, folhas e casca dos frutos), em maior proporção fibrosos, que poderiam ser convertidos em celulosa para papel (Azzini et al., 1984). Embora, predominantemente são queimados ou incorporados ao solo com auxílio de roçadeira após a colheita, visando à preparação do solo para novos plantios (Rodrigues et al., 2008).

Estudos têm de mostrado que a acúmulo de C e N nas folhas durante o ciclo vegetativo da mamona. Simon, (2009) encontrou teores de matéria seca nas cultivares AL Guarany 2002 entre 0,24-2,36 mg ha<sup>-1</sup> e em Lyra de 0,26-1,35 mg ha<sup>-1</sup>.

Estes valores de matéria seca implicam maiores quantidades de C para o solo incorporar. AL Guarany 2002, adicionou 821 kg ha<sup>-1</sup> de C e Lyra 480 kg ha<sup>-1</sup>. Por tanto, as folhas são participam significativamente para a matéria orgânica do solo, com aportes elevados de C (Simon, 2009).

Não obstante, a acumulação de matéria seca folhar fosse 75 % maior na AL Guarany 2002 em relação a Lyra. Os teores de N acumulados nas folhas durante o ciclo da cultura de mamona foram semelhantes; AL Guarany 2002 apresentou 16 g de N kg<sup>-1</sup> de matéria seca, equivalentes a 24 kg N ha<sup>-1</sup> e a Lyra 10,2 g de N kg<sup>-1</sup> de matéria seca, o que corresponde a 22 kg N ha<sup>-1</sup> (Schmalz et al., 2007; Simon, 2009).

As folhas da mamona constituem um mecanismo na ciclagem de nutrientes de C e N no solo, favorecendo a mineralização da matéria orgânica, a emissão de gases nitrogenados e até a reassimilação pela mesma planta durante o plantio.

No presente estudo a população segregante de mamoneira (híbrido Lyra), foi implantada em abril de 2009, cinco dias após do preparo do solo, no campo experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB (CAMPEX 1). A parcela experimental de mamona avaliada, do programa de pesquisa do Núcleo de Biotecnologia e Melhoramento Genético -NBIO<sup>8</sup>.

A mamona é uma planta anual, com ciclo vegetativo de 180-240 dias. A colheita é feita quando 2/3 do fruto do cacho estiverem secos, apresentando-se colheitas parceladas manuais de 3 a 4 vezes (SEAGRI, 2006).

O solo da parcela experimental foi preparado através de roçagem, aração, gradagem, calagem e marcação das parcelas (sistema convencional). A adubação foi efetuada, com base no resultado da análise feita no laboratório de análises de solo da UFRB. Adotou-se como referência para a adubação, o manual de solos do estado da

---

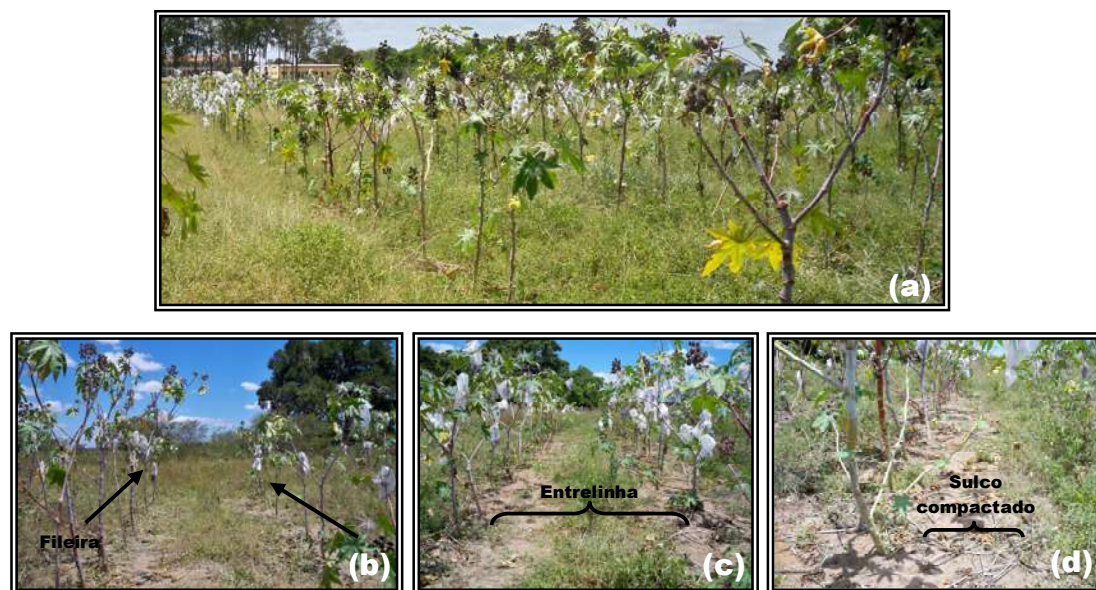
<sup>8</sup> A cultura faz parte do programa: “Melhoramento genético da cultura de mamoneira para regiões de baixas altitudes”. UFRB-NBIO. Estudante de mestrado participante: Ronaldo Simão de Oliveira. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Simone Alves Silva (Silva AS, 2009).

Bahia. Para a correção do pH foi realizada calagem aplicando  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico.

Após, 45 dias da abertura das covas para semeadura em regime de sequeiro, utilizando três sementes por cova e a adubação de fundação utilizando como fonte nitrogenada a uréia que possui 45 % de N, em dosagem de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ ; fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  e potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ )  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Cerca de 35 dias após a semeadura, foi realizado o desbaste das plantas com o auxílio de tesoura de poda, deixando apenas uma planta por cova. No mesmo dia, as plantas receberam uma adubação de cobertura utilizando  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de uréia.

A área da parcela experimental de mamona foi de  $98,00 \times 16,00 \text{ m}$ , com espaçamento entre covas ou linhas de  $3,00 \text{ m}$  e  $1,00 \text{ m}$  entre plantas (figura 20 e 21a).



Fonte: Autor, 2009.

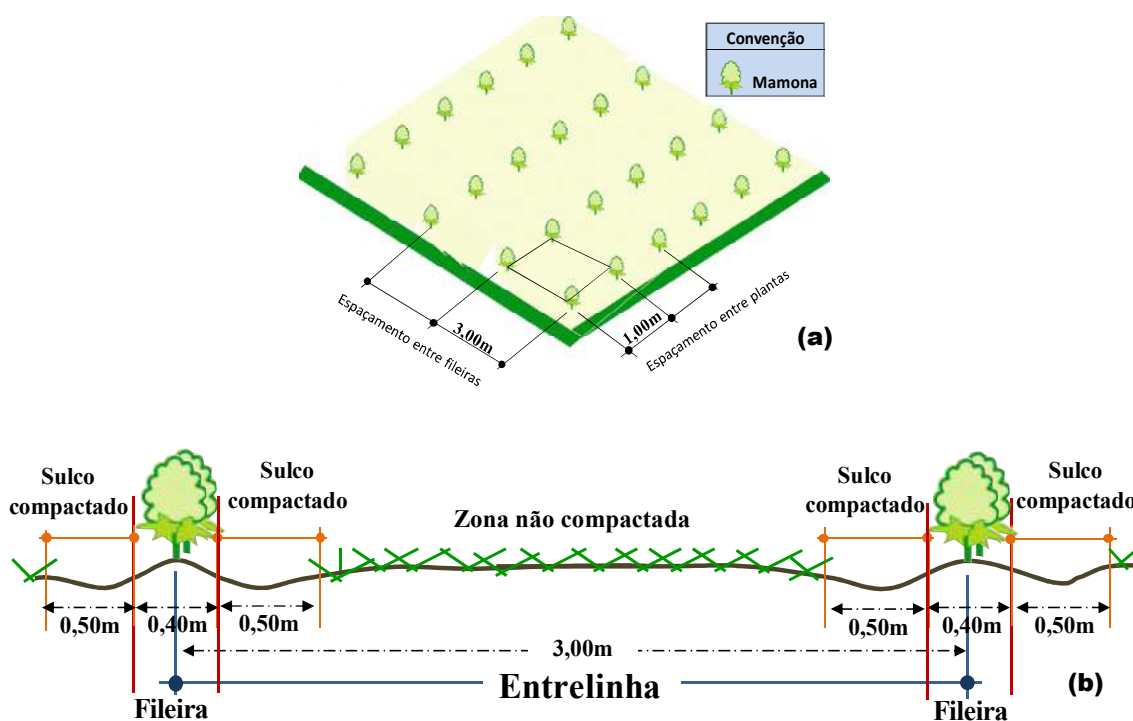
**Figura 20.** Cultura de mamona (a), subáreas fileira (b), entrelinha (c), sulco compactado (d).

A partir do espaçamento de  $3,00 \text{ m}$  entre as plantas de mamona, foram identificadas duas subáreas principais: A subárea de covas, onde foi realizada a semeadura e aplicação dos fertilizantes e a subárea de entrelinhas que corresponde ao espaçamento entre duas linhas de covas (figura 20).

Para efeitos de comparação com as outras culturas a subárea de cova será denominada fileira e a subárea de entrelinha será correspondente ao espaço entre as fileiras para todas as culturas.

Foi estabelecido como unidade de referência do estudo na cultura de mamona o espaçamento entre duas fileiras, com aproximadamente 3,40 m de largura, no qual, as duas fileiras representam 23,5 % da unidade de referência, como se pode observar na figura 21b.

O solo nas subáreas de fileiras se caracteriza por apresentar alto afrouxamento (maior porosidade) de modo a favorecer a infiltração da água e redução da resistência ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. A subárea de fileira possui largura de cerca de 0,40 m.



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 21.** Esquema do sistema de plantio em cova (fileira) da cultura de mamona (a), e detalhe das subáreas identificadas fileiras e entrelinha (b).

Nas subáreas das entrelinhas, a largura foram maiores para favorecer o desenvolvimento da planta, principalmente dos galhos das plantas, evitando a concorrência pela luz solar e crescimento exagerado no sentido vertical com prejuízos na produção.

A subárea de entrelinha apresentou largura de 2,60 m ocupando 76,5 % da unidade de referência. A entrelinha apresentou duas zonas:

- Zona de sulco compactado, integrada por duas faixas com pequenas depressões geradas pelo tráfico do trator durante o preparo do solo e sistema de plantio empregado. Isto implica que, são áreas com algum grau de compactação, além, esta zona não apresentou cobertura vegetal (figura 20).

A largura de cada uma destas faixas foi aproximadamente de 0,50 m o que corresponde a 29,4 % da unidade de referência (figura 21b).

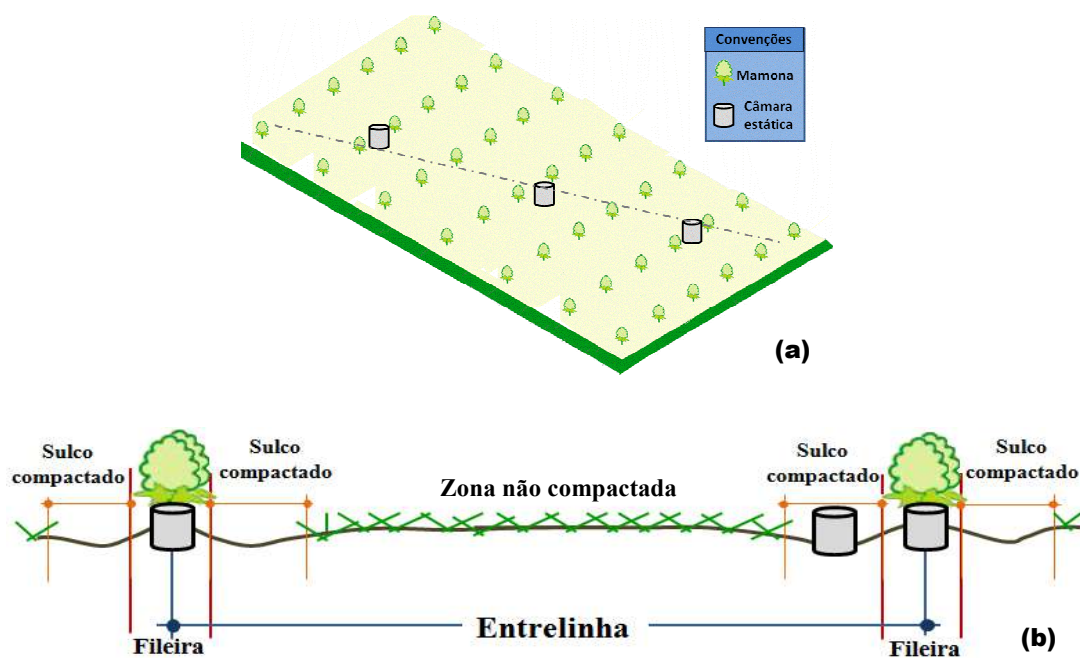
- Zona não compactada, onde predominou o crescimento de plantas invasoras, se localiza no meio da unidade de referência de estudo da cultura de mamona, esta apresenta largura de cerca de 1,60 m, representando 47,1 % da unidade de referência (figura 21b).

#### **VII.5.1 Subáreas de estudo**

Para a determinação dos fluxos de  $N_2O$  no campo experimental de mamona, a localização e distribuição das câmaras estáticas foram ao acaso, seguindo em sentido de linha diagonal à forma geométrica da parcela, de modo a representar espacialmente a área do campo, tal como se mostra na figura 22.

Duas câmaras estáticas foram instaladas nas subáreas de fileira, no meio das plantas e uma câmara na subárea entrelinha, especificamente no sulco compactado, como se ilustra na figura 22b. Durante o período do desenvolvimento deste estudo a idade da plantação era de aproximadamente 6 meses.





Fonte: Autor, 2009.

**Figura 22.** Esquema da localização espacial das câmaras estáticas no campo de mamona (a), e vista em detalhe da localização das câmaras nas subáreas (b).

## VII.6 Cultura de Girassol (*Helianthus annuus*)

O girassol (*Helianthus annuus*) destaca-se como a quarta oleaginosa em produção de grãos e a quinta em área cultivada no mundo, faz parte do zoneamento agrícola de risco climático para o Estado da Bahia, que contempla como aptos os solos do Recôncavo Sul.

É uma oleaginosa que apresenta características agronômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil.

O ciclo de vida da cultura varia de 90-130 dias, com uma safra por ano; razão pela qual se considera como uma cultura excelente no sistema de rotação e de sucessão de cultivos. A época da colheita do girassol é determinada em função do ponto de maturação fisiológica, do teor de umidade dos aquênios (sementes) e da mudança de coloração do dorso do capítulo.

A colheita do girassol pode ser realizada de forma manual ou mecânica e é influenciada por vários fatores de produção, como tamanho da área, disponibilidade de mão-de-obra e/ou máquina colhedora, investimentos, tecnologia de produção adotada, entre outros (Carvalho et al., 2007; Bloisi, 2009).

Devido ao seu interesse como fonte de biodiesel está sendo estimulado o cultivo de girassol em uma área de 35.000 ha da Bahia, Sergipe e Minas Gerais, onde se encontram usinas de produção de biodiesel da Petrobras.

Estas iniciativas visam à seleção de cultivares que melhor se adaptem ao sistema de consórcio com o milho, o feijão e a mandioca. Possibilitando assim ao produtor obter matéria prima para produção de biodiesel, sem competir com a produção de alimentos (EMBRAPA, 2010)

A parcela de girassol (hibrido Helio 360)<sup>9</sup>, foi plantada no campo experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB. O sistema de preparo do solo e de semeadura do girassol foi de tipo convencional, em sulcos plantio,

---

<sup>9</sup> A cultura faz parte do projeto de pesquisa “Recomendação de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para cultura do girassol em latossolo do recôncavo baiano”. Orientador: Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos, (2009).

realizado o dia 16 de agosto de 2009, 60 dias após a calagem e posterior gradagem, (figura 23).



Fonte: Petterson Costa Conceição Silva. Bolsista do Projeto (Santos, 2009).

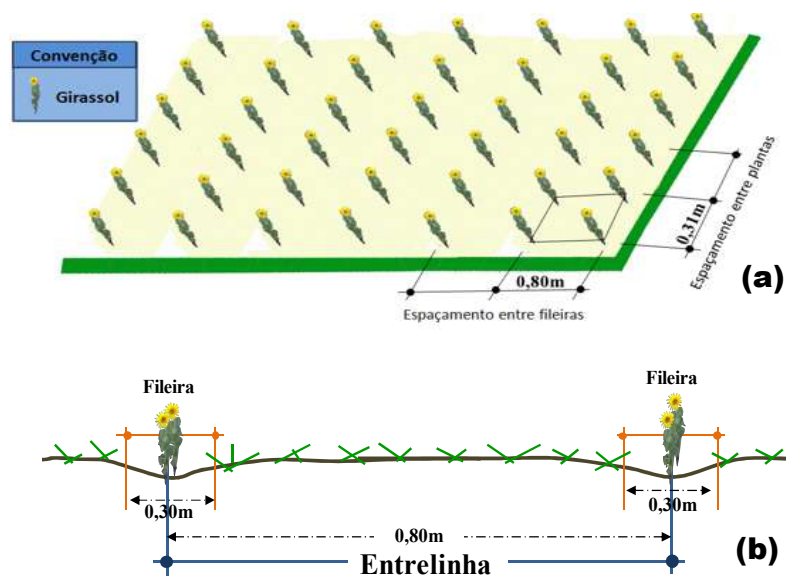
**Figura 23.** Preparo convencional de solo para semeadura de girassol em fileira (sulco de plantio) (a, b, c, d) e plantação de girassol com 3 meses de idade (e, f).

A dosagem de uréia (45 % de N) foi de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  e a dosagem dos outros nutrientes foram:  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de potássio utilizando como fonte potássica KCl (60 % de  $\text{K}_2\text{O}$ ) e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo conhecido comercialmente como Super Fosfato Simples 18 % de ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

As doses de uréia foram aplicadas de forma parcelada em duas vezes, um terço (1/3) no plantio e dois terços (2/3) na cobertura.

A dimensão da parcela foi de  $97,50 \text{ m}^2$  ( $13,00 \times 7,50 \text{ m}$ ), composta por 10 linhas com espaçamento de 0,31 m entre plantas no sulco e 0,80 m entre sulcos de plantio (figura 24), equivalentes a uma população de 45.000 plantas por hectare.

Segundo estas características do sistema de plantio, foram identificadas duas subáreas denominadas sulco de plantio e entrelinha, como se pode observar na figura 24b. Para efeitos de comparação com as outras culturas a subárea sulco de plantio foram denominadas fileiras e as subáreas entre as fileiras, entrelinhas.



Fonte: Autor, 2009.

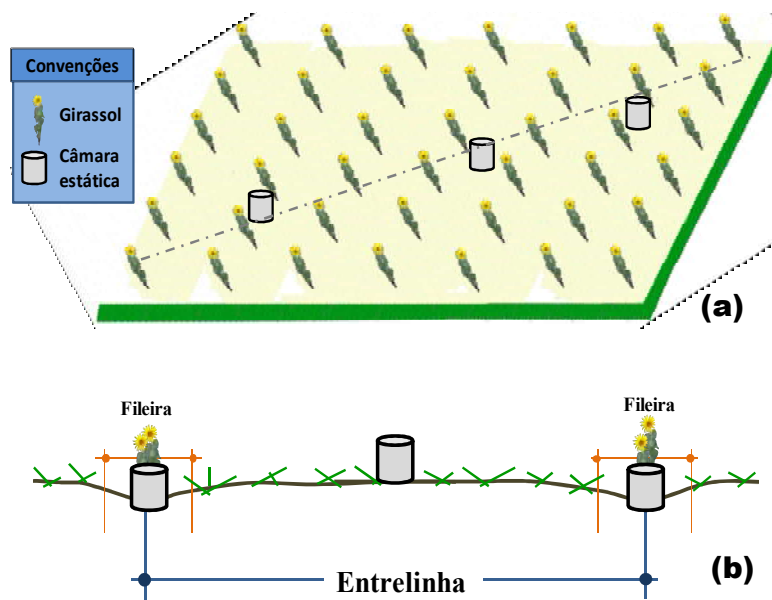
**Figura 24.** Esquema do sistema de plantio em sulcos (fileira) da cultura de girassol (a), vista em perfil das subáreas identificadas (b).

Também foi estabelecido como unidade de referência do estudo na cultura de girassol o espaçamento entre duas fileiras, com largura aproximada de 1,10 m. Duas fileiras (0,60 m) representaram 54,5 % da unidade de referência, e a entrelinha representou 45,5 % (figura 24b).

#### VII.6.1 Subáreas de estudo.

Na determinação dos fluxos de  $N_2O$  no campo experimental de girassol se seguiu o mesmo esquema de localização e distribuição das câmaras estáticas e ao acaso, empregado no campo de mamona, como se observa na figura 25a.

Duas câmaras estáticas foram instaladas nas subáreas de fileira, no meio das plantas e uma câmara na subárea entrelinha, como se ilustra na figura 25b.



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 25.** Esquema da localização espacial das câmaras estáticas no campo de girassol (a), e vista em detalhe em perfil das câmaras nas subáreas (b).

No período da avaliação das emissões de  $N_2O$  nessa cultura, as plantações possuíam 3 meses de idade e contavam somente com a primeira fertilização (figuras 23 e 25).

## VII.7 Cultura de Aipim (*Manihot esculenta Crantz*)

O Brasil é principal produtor de Aipim (*Manihot esculenta Crantz*), conhecida como mandioca ou macaxeira; com 30 % da produção mundial. Atualmente é cultivada em quase todo o Brasil em razão da sua ampla adaptação às diferentes condições edafoclimáticas e ao seu potencial de produção.

Boa parte da mandioca produzida na Bahia é originária da agricultura familiar, caracterizando-se por pequenas propriedades, com áreas variando de 3-20 ha. Existem estudos voltados à produção de bioetanol a partir de amiláceas (mandioca). Em vários países, entre eles na Tailândia existem usinas operando.

Embora, no Brasil essa aplicação tem ficado restrita, por considerar-se uma séria competência para o sistema de produção alimentar (EMBRAPA, 2008; 2009).

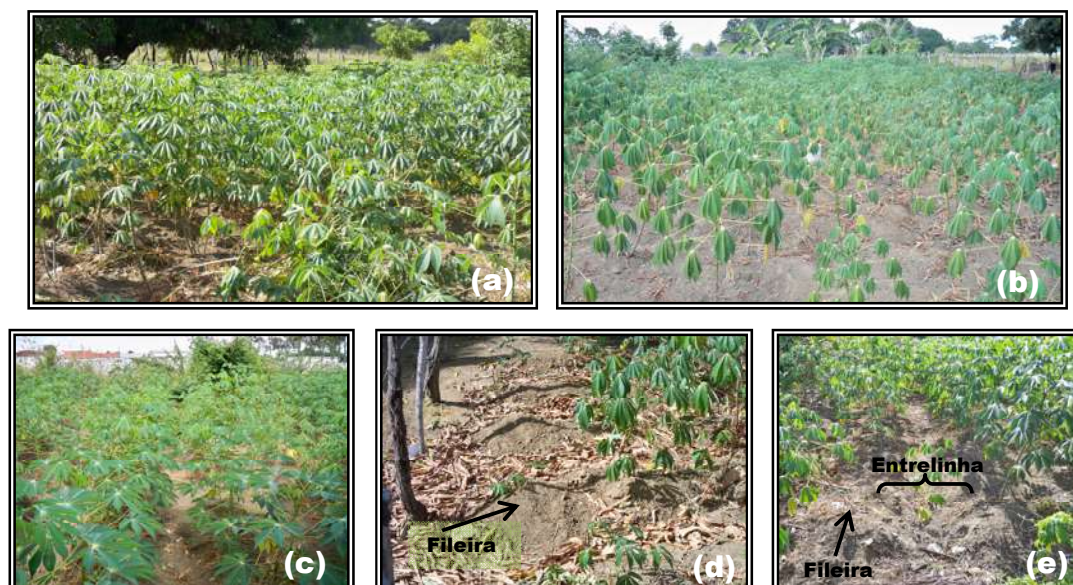
A cultura de aipim avaliada, se prática em sistema de agricultura familiar, em quintal. Produção em pequena escala é destinada ao consumo próprio e seu excedente destina-se ao comércio local.

O plantio de aipim é normalmente realizado no final da estação chuvosa, quando a umidade e o calor tornam-se elementos essenciais para a brotação e enraizamento.

A parcela de aipim estava conformada por uma área aproximada de 480 m<sup>2</sup> (12,00 x 40,00 m), plantada em setembro de 2009 ao finalizar o período das chuvas. O sistema de cultivo basicamente manual, constituído de semeadura em covas, construídas na camada superficial do solo com auxílio de enxada. Com espaçamento de 1,00 m entre fileiras e 0,40m entre plantas (figura 26 e 27).

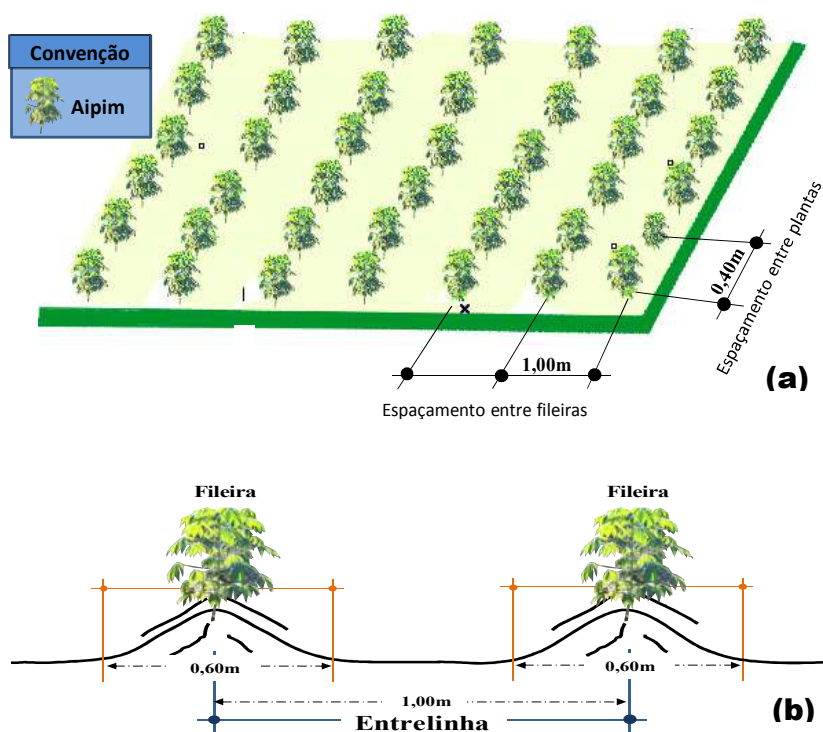
O controle de plantas invasoras se realiza de forma manual, 15 dias após a emergência das plantas. Estes resíduos vegetais são incorporados nas covas para a decomposição e incorporação de nutrientes ao solo.

Posteriormente, realizaram-se controles mensais de plantas invasoras; também foi observada a acumulação e incorporação de outros resíduos vegetais como folhas secas de árvores frutais de áreas próximas da parcela, na área da cultura do aipim (figura 26).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 26.** Cultura de aipim (a, b, c). Subárea fileira (cova) e entrelinha (d,e).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 27.** Esquema do sistema de plantio em covas (fileira) da cultura de aipim (a), vista em perfil das subáreas identificadas (b).

A cultura de aipim avaliada tem ciclo vegetativo aproximado de 8-10 meses, durante a colheita os resíduos culturais são deixados na área da parcela para a sua incorporação e ciclagem de nutrientes para o novo plantio.

Durante o período de coleta, a idade aproximada da cultura de aipim era de 3 meses (figura 26). Para efeitos de comparação com as outras culturas a área de covas será denominada de fileira.

Foi estabelecido como unidade de referência de estudo na cultura de aipim o espaçamento entre duas fileiras, com largura aproximada de 1,60 m: As duas fileiras (0,60 m de largura cada) representam 75 % da unidade (figura 27).

O solo nestas subáreas permanece solto, para facilitar a semeadura das manivas-semente, a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas (Brum et al., 1999; EMBRAPA-CNPMF, 2003).

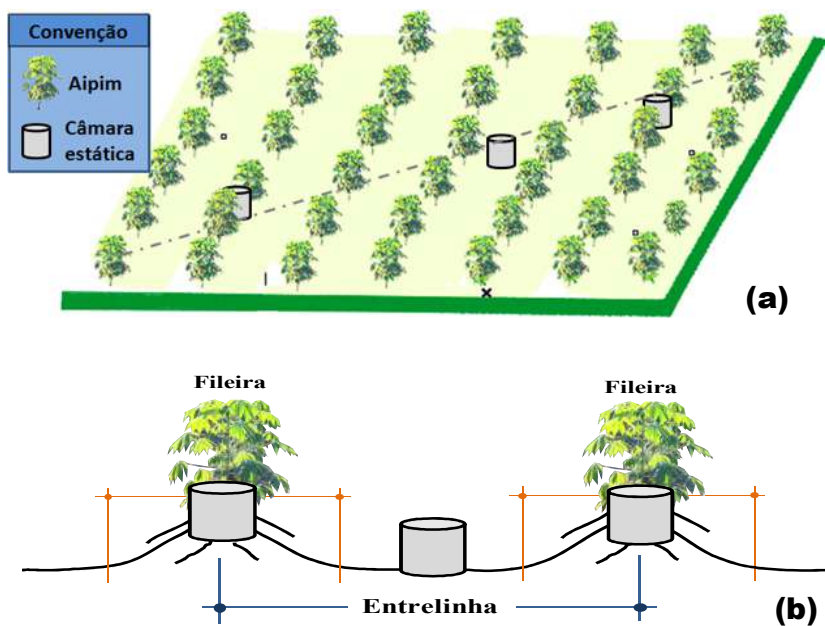
A entrelinha, com largura de 0,40 m, ocupa 25 % da unidade de referência de estudo. Nas entrelinhas se observou a acumulação de resíduos vegetais, predominantemente folhas secas, provenientes de árvores frutais próximos.

#### **VII.7.1 Subáreas de estudo.**

Para a determinação dos fluxos de  $N_2O$  na parcela familiar de aipim, se localizou e distribuíram ao acaso as câmaras estáticas, em sentido de linha diagonal à forma geométrica da parcela, de modo a representar espacialmente a área cultivada.

Duas câmaras foram instaladas nas subáreas de fileira e uma câmara na entrelinha (figura 28).





Fonte: Autor, 2009.

**Figura 28.** Esquema da localização espacial das câmaras estáticas no campo de aipim (a), e vista em detalhe da localização das câmaras nas subáreas (b).

## VII.8 Floresta

A área natural estudada se localiza no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (EMBRAPA-CNPMF), no município de Cruz das Almas, identificada como reserva natural (figura 29). Trata-se de um remanescente de mata atlântica de transição floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia com área aproximada de 1,2 hectares (EMBRAPA, 2001).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 29.** Vista da Reserva Natural (a, b) e acesso aos locais de amostragem (c, d, e, f).

De acordo com os sistemas de Georeferência, no Brasil o remanescente de mata atlântica estudado faz parte do Bioma Corredor Central da Mata Atlântica, o qual conta em total com uma área de 46.625 km<sup>2</sup> (Ibio, 2010).

O solo se caracteriza por ser latossolo amarelo de textura franco arenosa, muito profundo, ácido e com declive 10-15 %; a vegetação predominante é pau-brasil (*Caesalpinia echinata*), como se observa nas (figura 29).

Esta área natural se caracteriza por apresentar estágio avançado, com cobertura vegetal que engloba comunidades de substituição de fisionomias arbóreas e dossel fechado, uniforme e com emergentes. Predominância de grande variedade de espécies lenhosas com alturas próximas a 20 m e diâmetro médio dos troncos à altura do peito (DAP) de 20 cm. Comunidades acima de 25 anos, cipós, epífitas, plântulas e camada fina da serapilheira de aproximadamente 1 cm de espessura.

A matéria orgânica na superfície do solo é formada por substâncias vegetais e animais mortos que se acumulam no solo, sendo rapidamente decomposta, mineralizada, entrando em circulação imediatamente. Na deposição da matéria orgânica nas regiões climáticas quentes e úmidas, o material depositado é constituído entre 70-80 % de folhas, e o resto compõe-se de frutos, ramos, cascas, etc.

A serapilheira é a característica mais distintiva de um solo florestal e contribui consideravelmente para as suas propriedades físicas e químicas. A interação dos restos vegetais e animais, produtos de excreção, raízes das plantas e a microflora e fauna da serapilheira constituem a fração orgânica do solo (Afubra, 1999).

A camada de serapilheira se constitui a fonte e fornecimento permanente, mediante a ciclagem de nutrientes como Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Enxofre (S) para as plantas. A retirada da serapilheira das florestas ocasiona degradação do solo e uma sensível diminuição de fertilidade do solo.

Além de deixar a superfície mais susceptível aos impactos das gotas de chuva, da erosão e da diminuição de infiltração (Afubra, 1999; Silva, 2004; Dias da Silveira, 2007).

### **VII.8.1 Subárea de estudo.**

Na reserva natural, para realização da campanha de amostragem do  $N_2O$  na interface solo-atmosfera, procurou-se uma zona topograficamente homogênea, com superfície plana. Onde foram localizadas e distribuídas em linha reta as três câmaras estáticas, distanciadas 10 m entre elas.

### **VII.9 Amostragem do Solo**

Para ampliar o entendimento sobre os fatores controladores da produção do gás  $N_2O$ , considerou-se realizar a caracterização físico-química do solo. Focalizando, aqueles que afetam a velocidade da nitrificação e da desnitrificação.

Por exemplo, a disponibilidade de N, a umidade e a temperatura do solo; dos quais, os dois últimos parâmetros controlam os processos do solo em todos os níveis, determinando as proporções de decomposição da matéria orgânica, a nitrificação e a desnitrificação (FAO, 2004).

Portanto, ao início da campanha de amostragem em cada cultura, foram coletadas amostras compostas homogêneas de solo, por subáreas, na camada superficial 0-10 cm de profundidade.

Durante o estudo de variabilidade temporal de  $N_2O$ , as coletas de gás foram acompanhadas com amostragem freqüente de solo, para análises de teor de umidade. As análises físicas foram realizadas no laboratório de Física do Solo da EMBRAPA-CNPMF.

As análises químicas foram feitas no laboratório de Estudos do Petróleo - LEPETRO do Instituto de Geociências da UFBA. Os parâmetros físico-químicas do solo analisados, constam na tabela 12:

Também foram realizados registros da temperatura do solo, obtidos com auxílio de termômetros convencionais de expansão com bulbo sensível (capilar transparente, em tubo de vidro) inserido no solo a 10 cm de profundidade. A temperatura interna da câmara foi medida com termômetro digital espeto, e dos dados da temperatura ambiente foram consultados do site do INMET para os meses de novembro e dezembro de 2009.

**Tabela 12.** Características físico-químicas do solo avaliadas nas áreas sob estudo.

Químico	Técnica analítica	LMD*	Parâmetros	
			Físico	Técnica analítica
N total (%)	LEPETRO 014. (EMBRAPA, 1997) Método de Kjeldahl.	0,08	Densidade aparente (kg/dm <sup>3</sup> )	Anel volumétrico. (EMBRAPA, 1979)
Amônia (mg/kg)	LEPETRO 025 (EMBRAPA, 1997)	1,00	Porosidade total e Espaço Aéreo (%)	Porcentagem da macroporosidade mais porcentagem da microporosidade (EMBRAPA, 1979).
Nitrato (mg/kg)	LEPETRO 017 (EMBRAPA, 1997)	1,00	Macroporosidade (%)	Porcentagem de saturação (Amostras com estrutura não deformada) e Mesa de Tensão (EMBRAPA, 1979).
Carbono orgânico total (%)	LEPETRO 002. Método titulométrico (EMBRAPA, 1997)	0,04	Microporosidade (%)	Mesa de Tensão (EMBRAPA, 1979)
Matéria orgânica (%)	LEPETRO 002 (EMBRAPA, 1997)	0,04	Umidade gravimétrica (%)	Secagem de amostra em estufa a 105°C por 24h. (EMBRAPA, 1979)
pH	LEPETRO 002 (EMBRAPA, 1997)	0,08	Textura	Densímetro (EMBRAPA, 1979)

\* LMD: Limite de Detecção do Método.

Além, determinou-se a porcentagem de Espaço Poroso Saturado de Água - EPSA, segundo a equação (Hellebrand et al., 2008; Kavdir et al., 2008):

$$\% EPSA = \left( \frac{(Umidade Gravimétrica \times Densidade Aparente)}{Porosidade Total} \right) \times 100 \quad (23)$$

Este parâmetro físico do solo é utilizado como medida indireta nos casos onde o oxigênio (O<sub>2</sub>) no solo é difícil de medir diretamente, então, mudanças nos níveis de O<sub>2</sub> são descritas normalmente usando um indicador como o EPSA (Lemke et al., 1998; Davidson & Verchot, 2000).

## VII.10 Análises Estatísticas

- **Estatística descritiva e teste de Normalidade**

Para o tratamento estatístico dos dados, utilizou-se o software SAS System e Origin Microcal®. Realizaram-se as estatísticas descritivas (média, mínimos, máximos, desvio-padrão, intervalo de confiança, etc.).

Posteriormente, foi realizado o teste de normalidade para avaliar a distribuição normal das variáveis dependente e independentes, por tanto, foi realizado o teste Shapiro-Wilk com nível de significância de 5 %.

Este teste foi selecionado por se tratar de variáveis com número de observações menor de 30 ( $n < 30$ ). As hipóteses do teste são descritas como:

***H<sub>0</sub>***: Os dados não provêm de uma distribuição teórica normal

***H<sub>a</sub>***: Os dados provêm de uma distribuição teórica normal

Desta forma quando no teste de Shapiro-Wilk o valor de  $p$  for menor de 0,05 ( $p < 0,05$ ), aceita-se a  $H_0$ , estabelecendo-se que não existe uma distribuição normal nos dados analisados.

- **Correlação linear de Pearson**

Uma vez estabelecida a normalidade das variáveis se determinaram as relações entre fluxos diários, temperaturas e umidade utilizando a correlação linear de Pearson. O ajuste do modelo foi expresso pelo coeficiente de correlação ( $r$ ). O coeficiente mede a força da associação linear entre  $X$  e  $Y$ , assumindo valores entre -1 e +1, como se observa na tabela 13.

As hipóteses do teste são descritas como:

***H<sub>0</sub>***: A associação entre as variáveis fluxo-temperatura e fluxo-umidade, não é significativa e não existe correlação.

***H<sub>a</sub>***: A variável fluxo é uma variável dependente da temperatura, portanto, existe uma correlação significativa.

**Tabela 13.** Associação linear de Pearson.

<i>Valor do r</i>	<i>Magnitude</i>
- 1,00	Correlação negativa perfeita
- 0,95	Correlação negativa forte
- 0,50	Correlação negativa moderada
- 0,10	Correlação negativa fraca
0,00	Ausência de correlação
+ 0,10	Correlação positiva fraca
+ 0,50	Correlação positiva moderada
+ 0,95	Correlação positiva forte
+ 1,00	Correlação positiva perfeita

Fonte: Fernández, 2001; Araujo, 2008

Assim para o teste de correlação de Pearson, quando o valor  $p$  for maior de 0,05 ( $p > 0,05$ ) se aceita a  $H_0$ , estabelecendo que não existe associação significativa entre as variáveis analisadas, com uma margem de erro menor a 5 %.

- **Teste de igualdade de médias**

A comparação dos fluxos de  $N_2O$  entre as culturas foi realizada usando o teste de igualdade de medias TUKEY a 5 %. Para estabelecer diferenças significativas dos dados, verifica-se a existem de diferenças entre as médias dos grupos, comparando com a média geral. Entende-se que, quando o  $p$ -valor seja menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ) não há igualdade das médias (Fernández, 2001; Araujo, 2008).

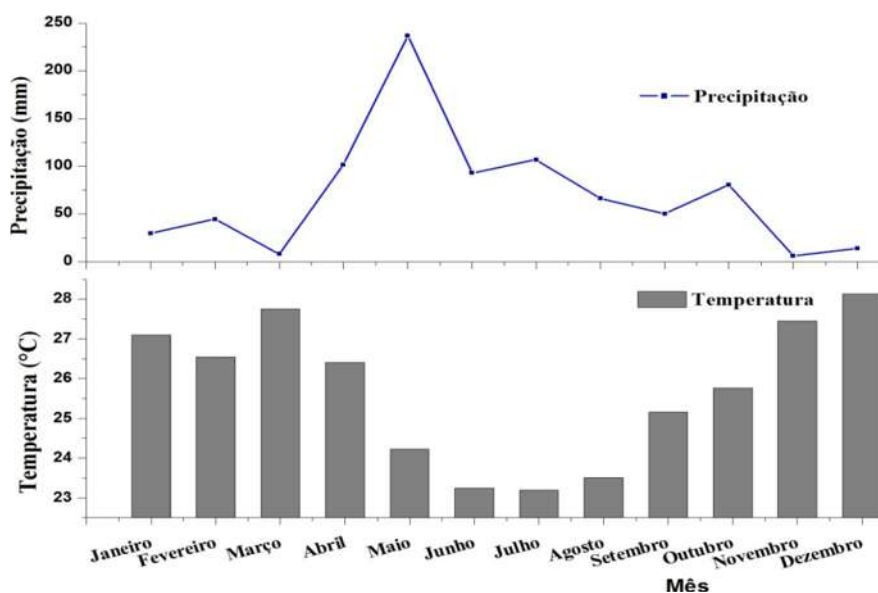
## VIII. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### VIII.1 Caracterização Climatológica da Zona de Estudo

O município de Cruz das Almas se situa no recôncavo sul do estado da Bahia, nas coordenadas geográficas 12°40'19" latitude Sul e 39°06'23" longitude Oeste, e com altitude média de 220 metros sobre o nível do mar. O clima da região é de tipo subúmido, apresentam-se duas estações típicas, a chuvosa entre os meses de março a agosto, e a seca nos meses de setembro a fevereiro, como se observa no gráfico 2.

Na região registram-se níveis médios pluviométricos totais anuais de 1100 mm e temperatura média anual de 24,5 °C. O solo é classificado como Latossolo Amarelo Álico Coeso, de textura argilosa e relevo plano (Ribeiro et al, 1995).

Em 2009, o município apresentou uma precipitação total de 838,5 mm e temperatura média anual de 25,7 °C; na estação chuvosa registrou precipitação média acumulada de 655,5 mm e temperatura média de 24,3 °C, como se observa no gráfico 2; na estação seca teve precipitação média acumulada de 183 mm e temperatura média de 27,1 °C, ver anexo B.



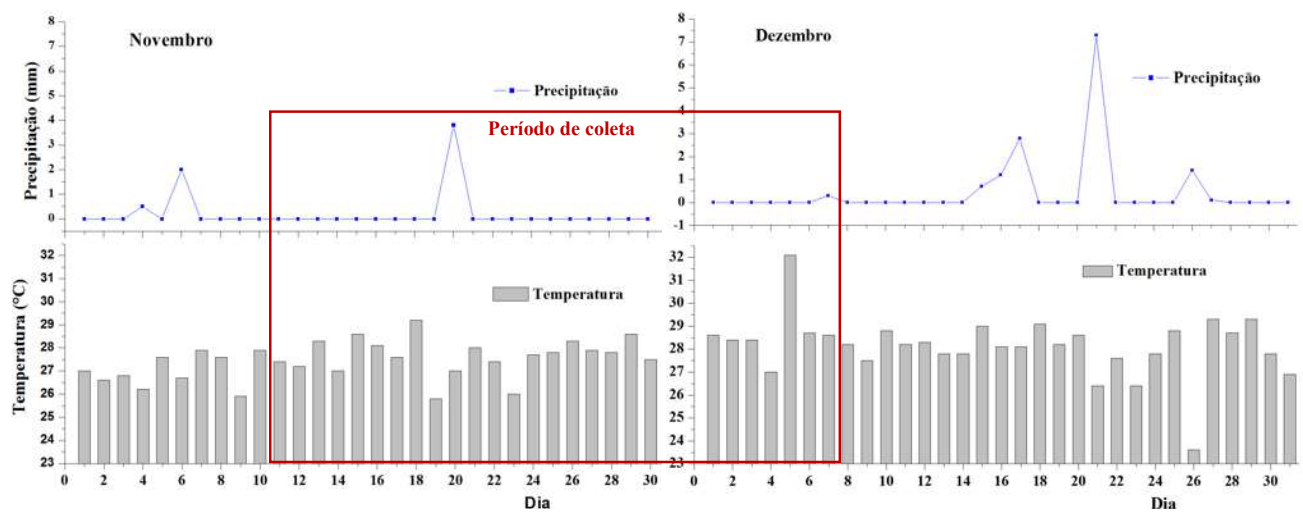
Fonte: Adaptado de INMET, (2009).

**Gráfico 2.** Precipitação e temperatura média anual em Cruz das Almas, 2009.



No período de coleta de 11 de novembro a 07 de dezembro de 2009, não se apresentaram ocorrências de chuvas, mas sim um evento de chuvisco fraco (3,8 mm) na hora da manhã do dia 20 de novembro, como se pode observar no gráfico 3; de acordo com o registrado pela estação local do INMET, (2009).

A precipitação acumulada de novembro foi de 6,3 mm e a temperatura média de 27,4 °C. Enquanto que, em dezembro a precipitação acumulada apresentada foi de 13,8 mm, com temperatura de 28,1 °C.



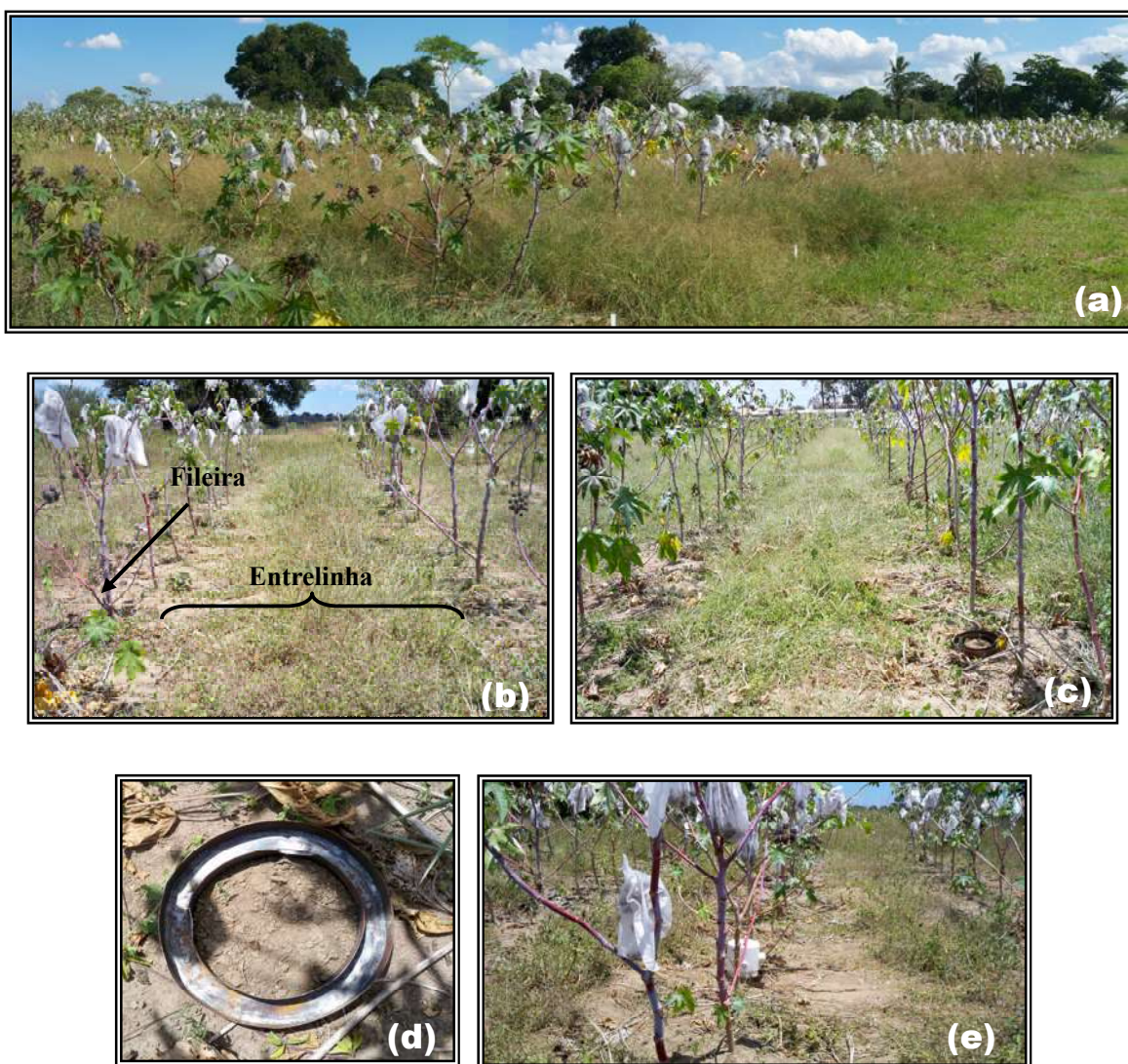
Fonte: Adaptado de INMET, (2009).

**Gráfico 3.** Precipitação total e temperatura média em Cruz das Almas, novembro-dezembro de 2009.

## VIII.2 Emissão Diurna de $N_2O$ na Cultura de Mamona (*Ricinus communis*)

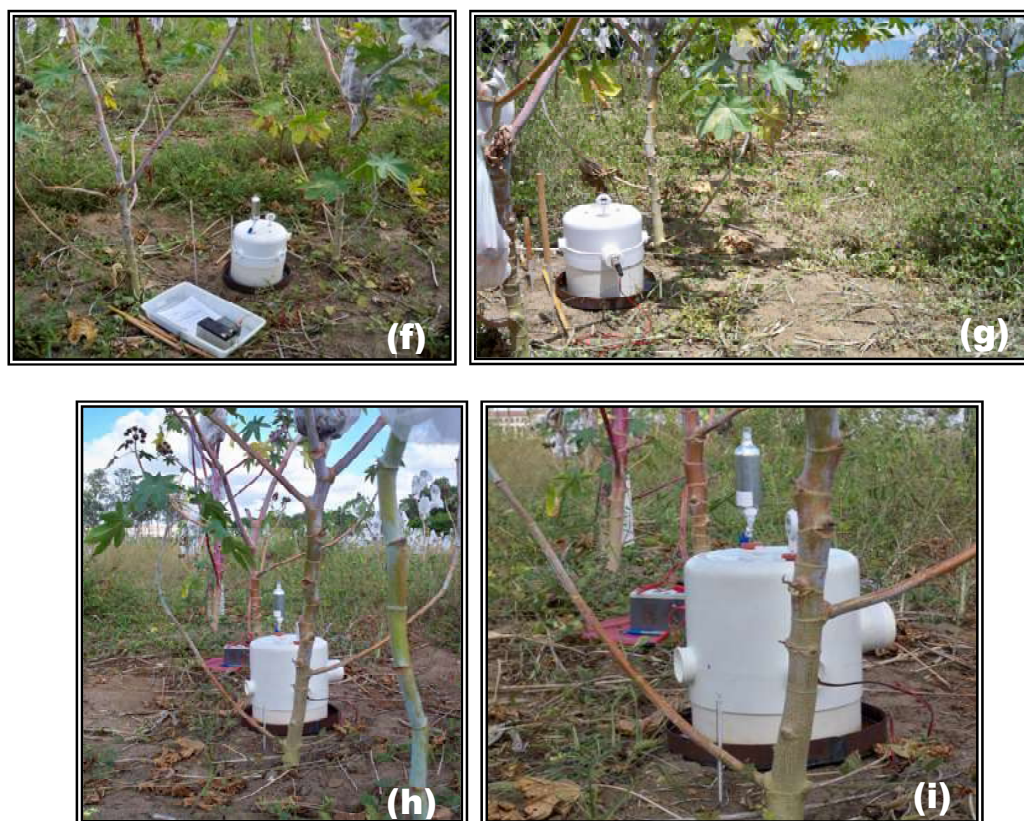
### VIII.2.1 Estudo da variabilidade diurna da emissão de $N_2O$

O estudo da variabilidade diurna da emissão de  $N_2O$  na cultura de mamona realizou-se durante 2 dias (10 e 22 de novembro), com campanha de amostragem no horário compreendido entre 06:00 e 18:00 horas (Anexo C). Nas figuras 30 e 31 observam-se em detalhe o plantio de mamona, as subáreas e localização das câmaras estáticas.



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 30.** Cultura de mamona (a, b), instalação das bases metálicas na fileira (c, d), e localização das câmaras estáticas (e).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 31.** Localização das câmaras estáticas (f, g, h, i).

De acordo com a revisão de literatura realizada, as maiorias das pesquisas, incluindo as reportadas no Brasil, baseiam suas inferências sobre medidas de emissão de  $N_2O$  realizadas na fileira. Encontrando-se poucos estudos avaliando os aportes de emissão na fileira e na entrelinha; nestes últimos se ressalta a importância das zonas compactadas por apresentar um maior potencial de emissão de  $N_2O$ .

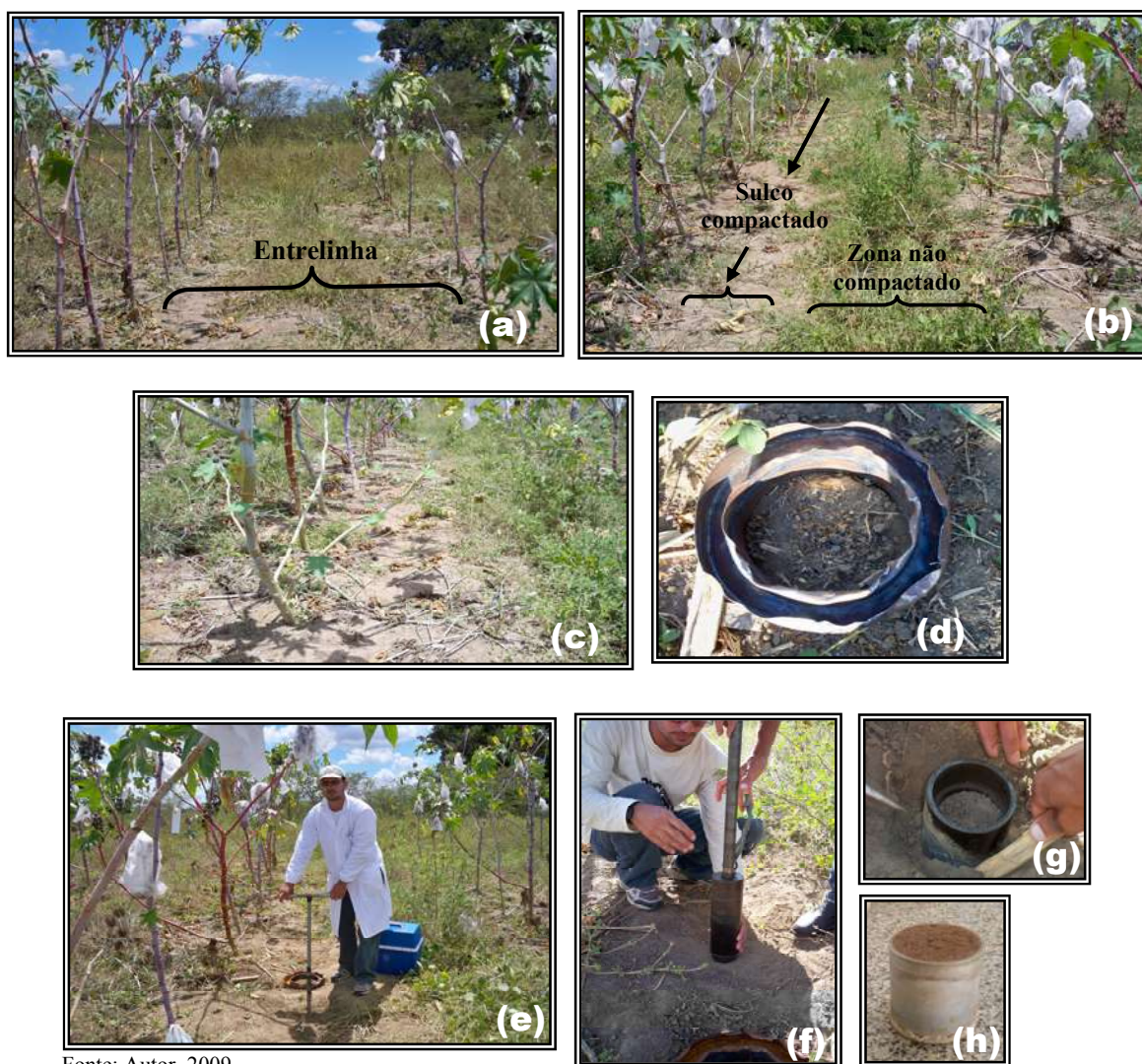
Isto, porque a compactação afeta a difusão de gases e reduz o volume total de poros modificando os micro-habitats do solo, diminuindo a concentração de  $O_2$  e favorecendo uma anaerobiose parcial.

Este efeito se reflete em mudanças na transformação de N e aumento nas taxas de produção de  $N_2O$ . Considera-se, por exemplo, como forte compactação do solo o valor de densidade de  $1,56 \text{ g cm}^{-3}$  gerada pelo uso do trator (Haynes & Williams, 1993; Hansen & Bakken, 1993; Oenema et al., 1997; Hellmann et al., 1997; Ruser et al., 1998; Ball et al., 1999; Sitaula et al., 2000; Flessa et al., 2002).

Contudo, priorizou-se a mensuração das emissões de  $N_2O$  no sulco compactado da entrelinha. Portanto, avaliou-se 53 % da unidade de referência de estudo, correspondente à fileira (23,5 %) e sulco compactado da entrelinha (29,4 %).

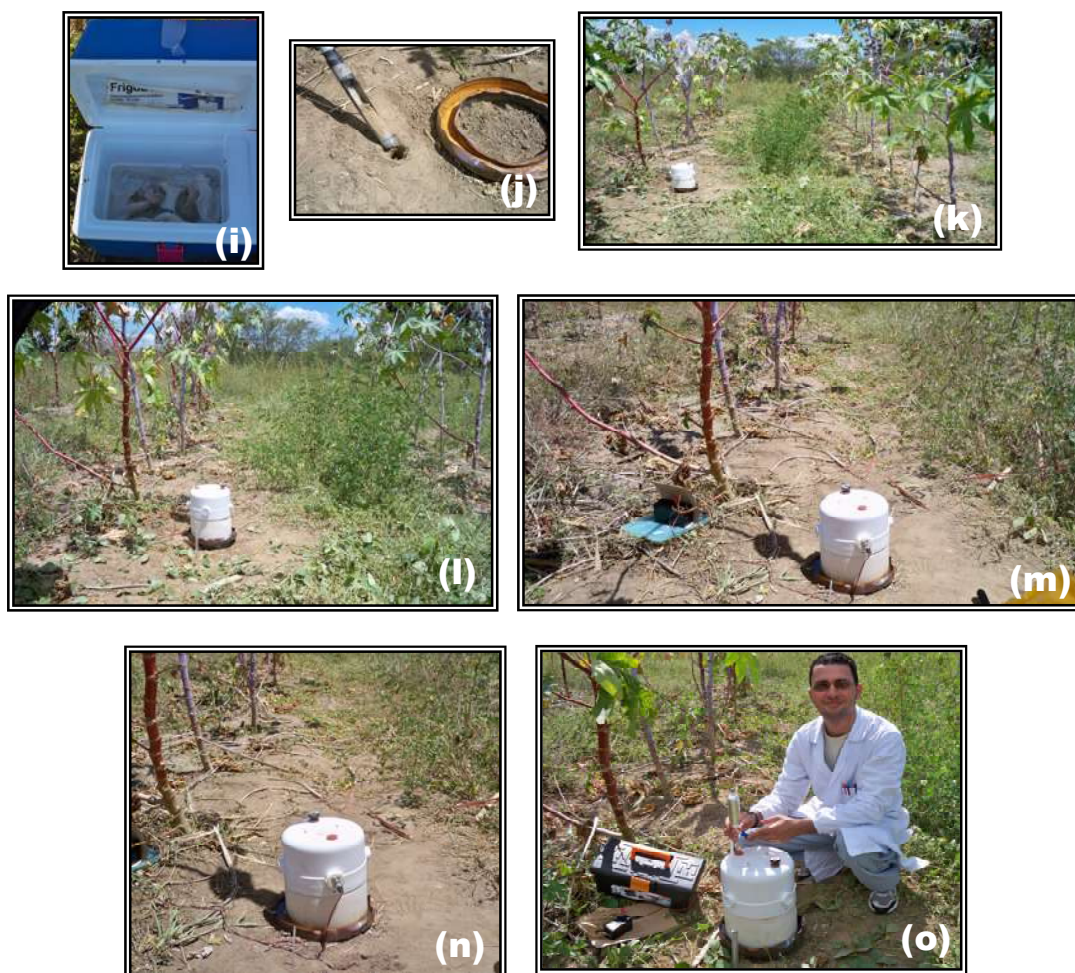
A zona não compactada da entrelinha, 47 % da unidade, não foi avaliada neste estudo. Nas figuras 32 e 33 mostra-se em detalhe a subárea de entrelinha: composta pelo sulco compactado e a zona compactada.

A localização da base metálica que ficou deformada depois de ser encravada no sulco compactado, coleta de amostras de solo para sua caracterização e localização da câmara.



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 32.** Cultura de mamona, subárea entrelinha (a, b, c), instalação da base metálica em sulco compactado (d, e) e coleta e armazenamento de solo (f, g, h).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 33.** Coleta de solo e armazenamento (i, j) e localização da câmara estática (k, l, m, n, o).

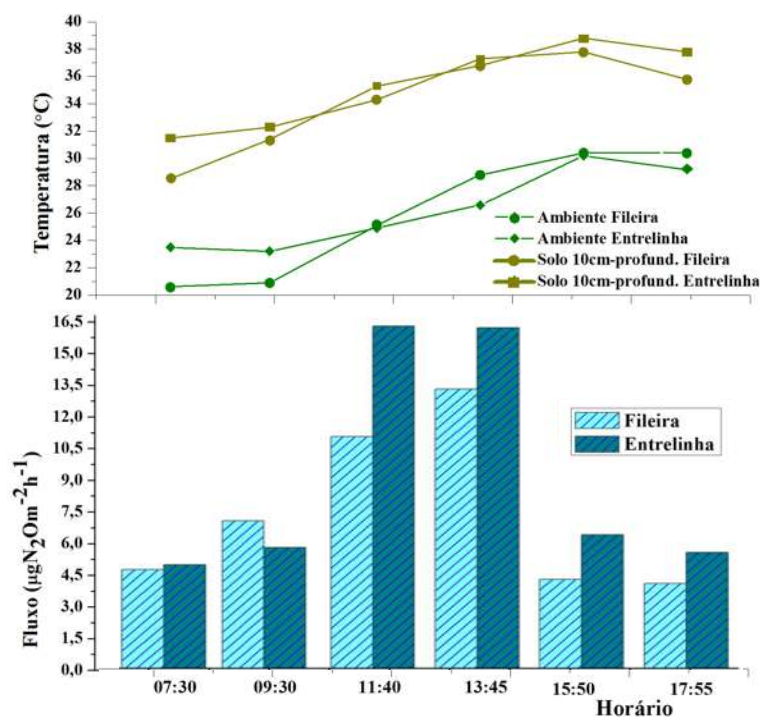
O estudo de variabilidade diurna dos fluxos de  $N_2O$  na área plantada de mamona se realizou durante dois dias de coleta. Não obstante, foram perdidas as amostras do primeiro dia devido a problemas técnicos nas garrafas de coleta (perdas do vácuo); portanto, os resultados correspondem ao segundo dia de mensurações.

A variabilidade diurna dos fluxos de  $N_2O$  mostra que as taxas de emissão foram baixas nos horários da manhã (06:00-07:30), com aumento nos horários de 10:00 a 13:34 e diminuição ao finalizar o período diurno de 16:25 e 17:55 horas, tal como se observa na tabela 14 e gráfico 4. A subárea da entrelinha (sulco compactado) apresentou as maiores taxas de emissão.

**Tabela 14.** Variabilidade diurna dos fluxos de N<sub>2</sub>O na cultura de mamona.

Subáreas	Fileira			Entrelinha		
	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Temperatura média (°C)		Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Temperatura média (°C)	
Horário		Ambiente	Solo		Ambiente	Solo
07:30	4,67	20,6	28,5	4,91	23,5	31,5
09:30	6,99	20,9	31,4	5,71	23,2	32,3
11:40	10,97	25,1	35,3	16,20	24,9	34,3
13:45	13,22	28,8	36,8	16,12	26,6	37,3
15:50	4,21	30,4	38,8	6,32	30,2	37,8
17:55	4,01	30,4	37,8	5,50	29,2	35,8

Como se observa no gráfico 4, as taxas de emissão de N<sub>2</sub>O foram levemente superiores na entrelinha durante o período diurno. Contudo, entre 11:40 às 13:45 as emissões na entrelinha foram evidentemente maiores às apresentadas na fileira e três vezes maiores às emissões observadas nos outros horários.

**Gráfico 4.** Fluxos de N<sub>2</sub>O e temperaturas registradas no estudo da variabilidade diurna, na cultura de mamona.

Este efeito pode ser explicado pela compactação do solo observada nesta subárea, relacionada como fator importante no aumento das emissões de N<sub>2</sub>O de campos arados (Hansen et al., 1993; Ruser et al., 1998; Flessa et al., 2002). Também como

resultado do pisoteio de animais em pastagens (Oenema et al., 1997; Ryden, 1986; Saggart et al., 2004, 2005).

O perfil da temperatura ambiente durante as medições de  $N_2O$  apresentou um incremento em cerca de  $10\text{ }^\circ\text{C}$  no período avaliado (06:00-18:00), com temperatura mínima de  $20,6\text{ }^\circ\text{C}$  na manhã e  $30,4\text{ }^\circ\text{C}$  ao finalizar o dia, na subárea de fileira. Na subárea de entrelinha a variação foi menor, aproximadamente  $7\text{ }^\circ\text{C}$ , com temperatura mínima de  $23,5\text{ }^\circ\text{C}$  e máxima de  $30,2\text{ }^\circ\text{C}$  (gráfico 4).

O registro das temperaturas do solo nas subáreas foi semelhante e compartilham o mesmo padrão de incremento que a temperatura ambiente. Em geral, o aumento na emissão de  $N_2O$  apresenta uma relação proporcional ao aumento da temperatura ambiente e do solo na faixa horária de 7:30 às 13:45, coincidindo com os pontos de menor e maior emissão de  $N_2O$ .

Posteriormente, as temperaturas permaneceram quase constantes em cerca de  $30\text{ }^\circ\text{C}$  e os fluxos diminuíram (gráfico 4).

Em relação às emissões de  $N_2O$ , a subárea fileira apresentou taxa média de emissão de  $5,85\text{ }\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2}\text{ h}^{-1}$  e a subárea entrelinha de  $7,12\text{ }\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ , calculadas de acordo com o item VII.4.1, (Tabela 15).

**Tabela 15.** Emissão de  $N_2O$  por subáreas e da cultura de mamona.

Emissão ( $\mu\text{gN}_2\text{Om}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Subáreas		Área da plantação
	Fileira	Entrelinha	
Média	5,85	7,12	6,65
Mínima	4,34	5,20	
Máxima	10,39	12,88	

A área de plantação da cultura de mamona (fileira e sulco compactado da entrelinha) apresentou uma taxa de emissão média de aproximadamente  $6,65\text{ }\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ .

Destaca-se que, este valor inclui uma incerteza devido à falta de dados sobre a emissão na zona não compactada da entrelinha que corresponde ao 47 % da unidade de referência de estudo da cultura de mamona.

### VIII.2.2 Características físico-químicas do solo na cultura de mamona

As características físico-químicas da camada superficial do solo, 0-10 cm de profundidade, nas subáreas da cultura de mamona se observam na tabela 16. Os resultados mostram que o solo apresenta textura franca arenosa, a umidade variou de 4,03 % na fileira até 4,52 % na entrelinha e espaço poroso saturado por água (EPSA) de 15,39 e 20,50 % na fileira e na entrelinha, respectivamente.

**Tabela 16.** Características físico-químicas do solo na cultura de mamona.

Subárea Parâmetros	Fileira		Entrelinha		
	Valor		Valor		
Umidade (%)	4,03	4,52	Nitrogênio Total (%)	0,04	0,14
Textura	Franco arenoso		Carbono (%)	0,72	2,10
Porosidade Total (%)	36,41	35,05	Matéria Orgânica (%)	1,24	3,63
Macroporosidade (%)	20,07	15,39	C/N*	18	15
Microporosidade (%)	16,34	19,66	Amônia-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg)	4,60	6,40
Densidade do solo (kg/dm <sup>3</sup> )	1,39	1,59	Nitrato-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/kg)	5,10	5,10
EPSA (%)	15,39	20,50	pH	6,21	5,45

\* Razão C/N, calculado com base nos valores de concentrações de N e C.

Os teores de O<sub>2</sub> no solo são difíceis de medir diretamente, então mudanças nos níveis de O<sub>2</sub> são descritos normalmente usando um indicador como o EPSA (Lemke et al., 1998; Davidson & Verchot, 2000).

Segundo Priess & Folster, (2001) a umidade do solo é um fator determinante na atividade dos microrganismos no solo, mais do que os nutrientes essenciais; as raízes e a microbiota tornam-se mais eficientes na absorção de nutrientes, apresentando-se um ciclo fechado.

Como consequência da prática de manejo do solo que corresponde ao sistema de plantio em covas “*ridge-till practice*”, encontrou-se duas áreas com variação na porosidade do solo. Uma área com incremento da porosidade (fileira) e a outra com forte redução (entrelinha, predominantemente no sulco compactado).

Encontrou-se maior adensamento do solo na entrelinha (1,59 kg dm<sup>-3</sup>) do que na fileira (1,39 kg dm<sup>-3</sup>). Esta variabilidade nas subáreas foi devida ao efeito do preparo



convencional do solo e às práticas de manejo do solo, resultados similares aos observados na literatura (tabela 16).

A porosidade total do solo na camada superior do perfil do solo (0-10 cm) foi menor na entrelinha (35,05 %) em relação à fileira (36,41 %). Isto tem como consequência redução da macroporosidade. Na entrelinha a porcentagem de macroporos no solo foi de 15,39 % e na fileira a macroporosidade foi de 20,07 %.

A compactação do solo é resultado da ação de forças externas ou internas e naturais ou antrópicas. As forças externas resultam do tráfego de máquinas e equipamentos e as internas são devido a ciclos de umedecimento e secamento e expansão e contração da massa do solo (Camargo & Alleoni, 1997).

A compactação do solo é uma alteração estrutural, que resulta na reorganização de suas partículas e dos agregados, redução da porosidade total e da macroporosidade e do tamanho e continuidade dos poros, pouca alteração à microporosidade (Hillel, 1982; Merotto & Mundstock, 1999; Stone et al., 2002).

Isto prejudica a infiltração e o movimento da água e a disponibilidade de nutrientes no solo, culminando com a redução da penetração e da ramificação das raízes por excessiva resistência mecânica e aeração deficiente, podendo afetar o desenvolvimento vegetativo da parte aérea das plantas (Hakansson & Voorhees, 1998; Ralisch & Tavares Filho, 2002).

Além disso, em solos compactados ocorre aumento da erosão e da potência necessária para o preparo do solo (Soane, 1990).

Em consequência, com a compactação do solo ocorre maior escoamento superficial de água, carreando partículas do solo, fertilizantes e defensivos, assoreando e poluindo os cursos de água e o ecossistema (Coleti & Dematt, 1982).

Sitaula et al., (2000) em estudo realizado sobre os efeitos da compactação em solos agrícolas, encontrou aumentos de 44 % na taxa de emissão de N<sub>2</sub>O em solos fertilizados não compactados e de 170 % em solos fertilizados e compactados como causa da porosidade total reduzida, apresentando-se o incremento de locais anaeróbicos, especialmente ligados com elevados teores de umidade.

Hansen e Bakken, (1993) acharam incrementos nas emissões de  $N_2O$  relacionados à compactação em 35 % comparando-os com solos não compactados e Ruser et al., (1998) em cultura de batata, determinaram taxas de emissão consideravelmente superiores, até  $8000 \mu\text{g } N_2O \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  em solos compactados com trator.

Flessa et al., (2002) encontraram fluxos acumulados de  $N_2O$  em solo compactado de  $2,67 \text{ kg h}^{-1}$  e não compactados de  $1,61 \text{ kg h}^{-1}$  em 1997; de  $2,50$  e  $2,00 \text{ kg h}^{-1}$  em 1998, respectivamente.

De acordo com Ranulfo, (2009) o valor médio de pH nas zonas próximas à parcela de mamona sob estudo foi de  $4,16 \pm 0,05$ , enquanto que os valores encontrados nas subáreas foram de 6,21 na fileira e 5,45 na entrelinha; como resultado da correção do pH do solo mediante calagem.

O baixo pH no solo é freqüentemente associado com baixa nitrificação; em solos ácidos a oxidação microbiológica de  $NH_4^+$  a  $NO_3^-$  é mínima. Para favorecer a disponibilidade de  $NO_3^-$  deve-se fazer a correção do pH (Ste-Marie e Paré, 1999 *apud* Parron et al., 2003).

Embora tenha sido realizada de forma geral a correção do pH na parcela de mamona, encontrando-se o solo na subárea de fileira moderadamente ácido e na entrelinha solo ácido, apesar dessas leves diferenças, os teores de  $NO_3^-$  foram similares e as emissões de  $N_2O$  foram maiores na entrelinha.

Não obstante, Sierra & Marbán, (2000 *apud* Parron et al., 2003) consideraram que o pH do solo tem efeito pequeno na taxa de nitrificação em solos tropicais. Segundo Granli & Bockman, (1994) a emissão de  $N_2O$  é influenciada por fatores químicos e favorecida por baixo pH e altas concentrações de  $NO_3^-$ . Neste estudo os valores de nitrato foram baixos e as emissões poderiam estar associadas a outros fatores físico-químicos.

O teor de matéria orgânica no solo foi maior na subárea de entrelinha (3,63 %) em relação à apresentada na subárea de fileiras (1,24 %). Este resultado pode-se associar à ciclagem de nutrientes, no caso da plantação de mamona existe a queda gradativa das folhas a medida que avançam os estádios fenológicos, representando um importante aporte de C e nutrientes (N) ao solo. Assim, durante a decomposição das folhas parte dos

nutrientes acumulados nas mesmas são mineralizados podendo ser reutilizados pela própria planta de mamona.

Estima-se que a quantidade total de N acumulada nas folhas de mamona até a colheita pode alcançar cerca de 24 kg de N por hectare (Schmalz, 2007). Maior conteúdo de matéria orgânica nos solos leva ao aumento da respiração microbiana (decomposição aeróbica), favorecendo a formação de microlocais anaeróbicos (decomposição anaeróbica) podendo-se apresentar acumulação de elevadas quantidades de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  no solo.

Entre as condições favoráveis para a desnitrificação acontecer se encontra a decomposição aeróbica, onde o consumo de  $\text{O}_2$  por bactérias heterotróficas excede a taxa de difusão de  $\text{O}_2$  (Driesen, 1981; Ismunadji, 1984 *apud* Hadi et al., 2000; Ma et al., 2008).

O conteúdo de amônia na fileira ( $4,60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) foi menor do que na entrelinha ( $6,40 \text{ mg kg}^{-1}$ ); esta diferença pode decorrer da oxidação da amônia na fileira ser realizada mais rapidamente, provavelmente por bactérias que produzem a enzima amônia mono-oxigenase (AMO) em presença de  $\text{O}_2$ .

Na entrelinha, esta atividade pode estar limitada devido à baixa disponibilidade de  $\text{O}_2$ , levando à acumulação de amônia no solo (Hansen et al., 1993; Oenema et al., 1997; Flessa et al., 2002; Nardoto & Bustamante, 2003 *apud* Parron, 2003).

As concentrações de nitrato foram iguais nas subáreas ( $5,10 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e podem existir duas explicações. A primeira é que devido à condição arejada do solo na fileira as transformações do  $\text{NO}_3^-$  pela via desnitrificação sejam muito lentas, apresentando-se em pouca disponibilidade para os microlocais anaeróbicos e, portanto, se apresenta acumulação.

A segunda possível explicação é que, o  $\text{NO}_3^-$  pode ter apresentado mobilidade vertical ascendente na fileira, por capilaridade, o que acontece durante estações secas em solos com boa porosidade (Muchovej et al., 1994, Lite & Muñoz, 2005).

Os teores de  $\text{NO}_3^-$  encontrados no solo da mamona, indicam que não foi fator limitante para a produção de  $\text{N}_2\text{O}$  pelos processos de nitrificação e desnitrificação, em similitude com os resultados apresentados por outros autores (Jiménez, 2002; Müller et al., 2004).

Os teores de N total e C na fileira são baixos (0,04 e 0,72 %) em comparação com os valores encontrados na entrelinha (0,14 e 2,10 %). Esta variação espacial pode estar diretamente relacionada a dois fatores na fileira, como: à elevada taxa de oxidação destes elementos pelas condições favoráveis para a atividade microbiana e, ao consumo destes nutrientes pelas plantas.

Enquanto, que na entrelinha não existe cobertura vegetal, o alto conteúdo de C indica que existe uma acumulação da matéria orgânica de aportes de resíduos vegetais da mesma planta.

Razões C/N inferiores a 20 sugerem uma lenta decomposição da matéria orgânica. A razão C/N na fileira foi 18 e na entrelinha 15; portanto, está ocorrendo ciclagem de nutrientes, o que representa menor quantidade de N disponível (Parron et al., 2003; Van Schöll & Nieuwenhuis, 2003).

Pelas características físico-químicas do solo da fileira, é possível que a atividade de bactérias autotróficas que oxidam amônia (AOB) seja a fonte principal das emissões de  $N_2O$  como subproduto da nitrificação. Formado pela oxidação incompleta da hidroxilamina em nitrito; a hidroxilamina é um subproduto da oxidação de amônia (Arp & Stein, 2003; Ma et al., 2008).

No caso da entrelinha, a fonte predominante pode ser a desnitrificação por microrganismos nitrificadores (Poth & Focht, 1985; Wrage et al., 2001).

### **VIII.2.3. Variabilidade temporal dos fluxos de $N_2O$ na cultura de mamona**

A partir do estudo da variabilidade diurna dos fluxos de  $N_2O$ , foram identificados os períodos de menor emissão (06:00-07:30) e de maior emissão (12:15-13:45). Com estes dados realizou-se o estudo da variabilidade temporal dos fluxos de  $N_2O$  na interfase solo-atmosfera na cultura de mamona durante 4 dias.

As coletas de gás foram acompanhadas da coleta e análise freqüente do teor de umidade do solo, na camada superficial (0-10 cm), realizadas diariamente. O conhecimento da variação temporal umidade no solo poderia fornecer evidências importantes para melhor compreensão do comportamento das emissões de  $N_2O$ .

As análises de umidade do solo são importantes, pós o incremento da umidade constitui um fator predominante na gênese de N<sub>2</sub>O pelo favorecimento de condições anaeróbicas e conseqüentemente o aumento da desnitrificação (Drury et al., 1992; Skiba et al., 1992; Davidson et al., 1993; Hutchinson et al., 1993).

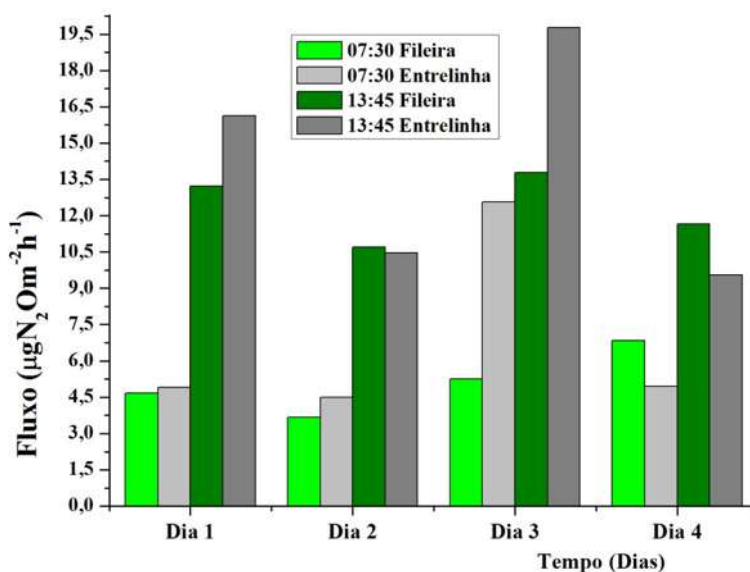
A variabilidade temporal das taxas médias de emissão de N<sub>2</sub>O, encontradas nos 4 dias de coleta nas subáreas fileira e entrelinha se podem observar na tabela 17. No período da manhã os fluxos nas subáreas apresentaram baixa variação, a exceção do dia 3 na entrelinha, onde se registrou um fluxo 2 vezes superior aos encontrados durante os 4 dias de estudo.

A emissão média neste período foi 5,11 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> na fileira e 6,73 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> na entrelinha.

**Tabela 17.** Fluxos de N<sub>2</sub>O e temperaturas registradas nos períodos de maior e menor emissão na cultura de mamona.

Coleta	Subáreas	Horário	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Fileira			Entrelinha			
				Temperatura (°C)		Umidade (%)	Temperatura (°C)		Umidade (%)	
				Amb	Solo		Amb	Solo		
Dia 1	07:30		4,67	20,6	28,5		4,91	23,5	31,5	
Dia 2			3,68	22,1	30,9	3,87	4,50	22,1	31,0	5,05
Dia 3			5,26	20,8	30,3	4,05	12,57	20,8	31,5	4,91
Dia 4			6,84	22,3	31,5	3,89	4,96	22,3	31,5	5,13
Dia 1	13:45		13,22	28,8	36,8		16,12	26,6	37,3	
Dia 2			10,71	28,1	36,5	3,48	10,46	28,1	38,2	4,79
Dia 3			13,79	27,1	36,1	4,30	19,78	27,1	36,8	4,80
Dia 4			11,66	27,9	38,1	3,48	9,56	27,9	39,8	4,86

No período da tarde (13:45) a fileira apresentou menor variabilidade nas taxas de emissão de N<sub>2</sub>O, enquanto que na entrelinha os fluxos mostraram grandes variações de 9,56 a 19,78 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> (gráfico 5). As taxas médias de emissão foram de 12,34 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> na fileira e 13,98 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> na entrelinha.



**Gráfico 5.** Fluxos diários de N<sub>2</sub>O nos períodos de menor e maior emissão na cultura de mamona.

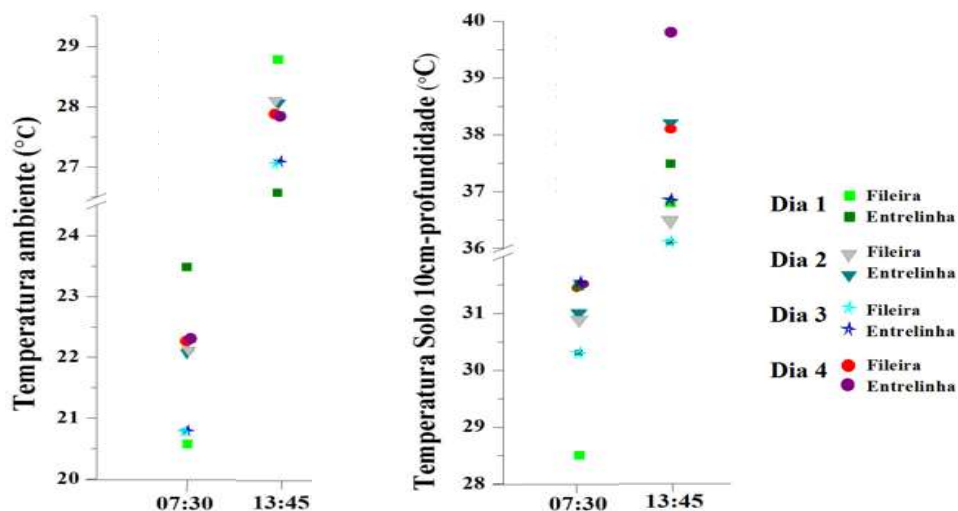
A taxa de emissão média na fileira foi calculada em 6,27 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e na entrelinha de 7,84 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, tabela 18.

**Tabela 18.** Emissões de N<sub>2</sub>O por subáreas e da plantação de mamona.

Emissão (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Subáreas		Área da plantação
	Fileira	Entrelinha	
Média	6,15	7,85	7,09

A emissão média na área da plantação da cultura de mamona durante os 4 dias de observação foi de 7,14 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, que corresponde a 53 % da parcela experimental de mamona estudada. Os resultados das análises de umidade do solo a 0-10 cm de profundidade mostram que os teores médios de umidade foram sempre baixos na subárea de fileira na manhã 3,94 % e na tarde 3,75 %. Maiores na entrelinha 5,03 e 4,82 % na manhã e tarde, respectivamente.

A variação média diária da temperatura ambiente registrada foi muito baixa ao longo do estudo e em cada um dos períodos avaliados (gráfico 6). No período da manhã a temperatura média ambiente foi 21,5 e 22,2 °C na fileira e na entrelinha respectivamente. No período da tarde foram registrados valores de 28,0 °C na fileira e 27,4 °C na entrelinha (tabela 17).



**Gráfico 6.** Perfil das temperaturas durante os períodos de menor e maior emissão de  $N_2O$ , na cultura de mamona.

A menor temperatura do solo se registrou no primeiro dia de coleta (28,5 °C), valor baixo em relação às temperaturas registradas nos 3 dias posteriores de observações, devido à baixa radiação solar apresentada nesse dia (INMET, 2009) (gráfico 6).

No período da tarde a temperatura média do solo na fileira foi de 36,9 °C e na entrelinha 38 °C; contudo na entrelinha foi registrada temperatura máxima de 39,8 °C. Encontrou-se o mesmo padrão de variação entre as subáreas nos 2 períodos de observação, a variação entre a temperatura do ambiente e do solo foi de cerca de 7 °C (gráfico 6).

#### VIII.2.4. Análises estatísticas

Na tabela 19 e anexo D, se observam os resultados da estatística descritiva (média, desvio-padrão, valores mínimos e máximos e intervalo de confiança ao 95 %, IC) do estudo da variabilidade temporal.

De acordo com o teste de normalidade Shapiro-Wilk na subárea fileira, o conjunto de dados de fluxos de  $N_2O$ , umidade e temperaturas ambientes e do solo apresentaram distribuição normal, todos com valores de  $P > 0,05$ , portanto se rejeita a  $H_0$ .

**Tabela 19.** Análises estatísticas na cultura de mamona.

Subáreas	Fileira				Entrelinha			
	Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		Umidade (%)	Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		Umidade (%)
		Ambiente	Solo 10cm profund.			Ambiente	Solo 10cm profund.	
n	14	14	14	12	8	8	8	6
Mínimo	2,91	20,6	28,5	3,28	4,50	20,8	34,1	4,8
Máximo	17,20	28,2	40,0	4,61	19,77	28,0	39,7	5,1
IC 95%	6,27-11,11	22,7-26,5	31,6-35,7	3,5-4,1	5,66-15,05	22,3-27,2	31,6-37,7	4,7-5,1
P<W <sup>1</sup>	0,2393	0,0514	0,1934	0,5159	0,3580	0,1668	0,0441	0,3499
Correlação Pearson	1.00	0.9334	0.9205	-0,060	1.00	0.5011	0.5586	-0.768
p-valor <sup>2</sup>	--	7.015E-4	0.0011	0.9089	--	0.2057	0.1501	0.074

<sup>1</sup>  $p < W$  corresponde ao teste de Shapiro-Wilk para estabelecer a normalidade dos dados, regra de decisão  $p > 0,05$  aceita-se que os dados apresentam distribuição normal.

<sup>2</sup> Correlação de Pearson; regra de decisão  $p$ -valor  $< 0,05$  aceita-se que existe correlação ao nível de significância 5 %.

Na subárea entrelinha foram encontrados resultados similares, exceto pela temperatura do solo que não apresentou distribuição normal ( $P=0,0441$ ), aceitando-se  $H_0$ .

Nas análises de correlação entre as variáveis dependentes e independentes em cada uma das subáreas, utilizou-se o modelo de correlação linear de Pearson selecionado, porque as variáveis apresentam dados com distribuição normal.

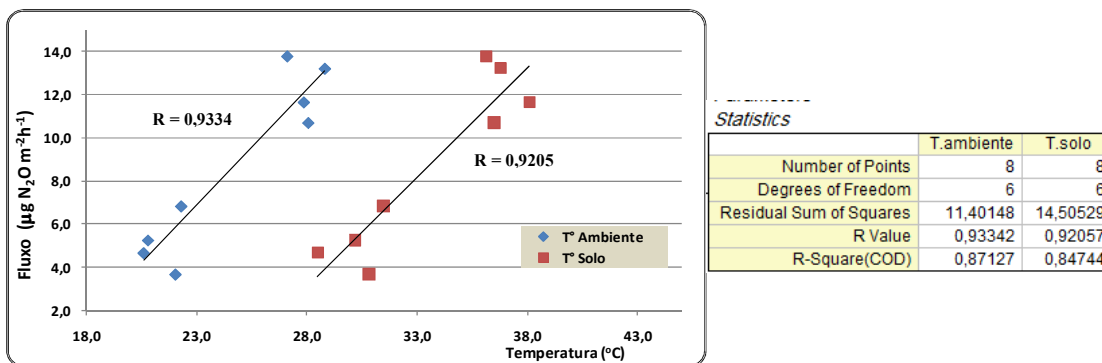
O pressuposto pelo qual se pode realizada a correlação de Pearson é: quando pelo menos uma das variáveis provenha de população normalmente distribuída. Por exemplo, trata-se da associação entre temperatura do solo com fluxo na subárea entrelinha.

Na subárea fileira, encontrou-se associação significante entre os fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$  e as temperaturas ambiente e do solo ( $r$  0,9334 e  $r$  0,9205), como se observa no gráfico 7. Não se observou correlação com entre o fluxo e a umidade ( $r$  -0,060), gráfico 9.

As taxas de emissão na fileira mostraram ser significativamente afetadas pelas variações diurna da temperatura do ambiente e do solo (10 cm de profundidade), explicando 87 e 85 % da variação das emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ , respectivamente.

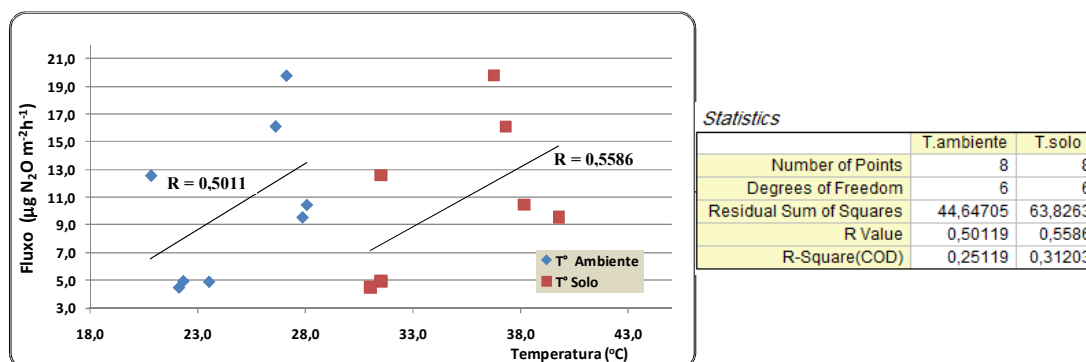
Isto concorda com os resultados obtidos por Maag & Vinther, (1996); Flessa et al., (2002) e Cardenas et al., (2007), observaram aumentos significativos nas taxas de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  com o aumento da temperatura.





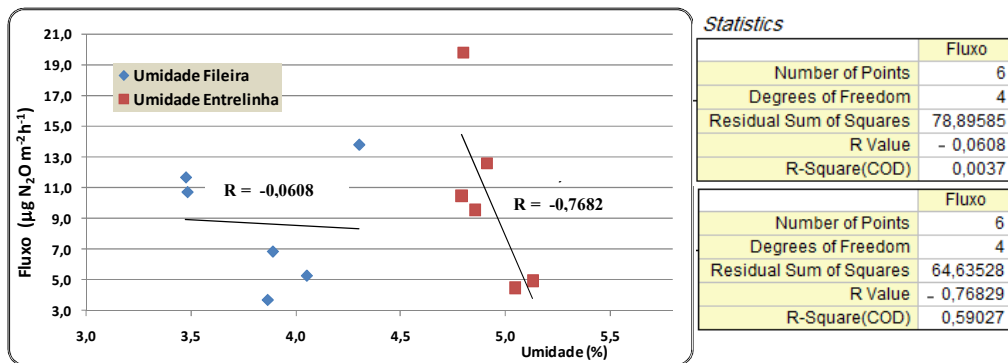
**Gráfico 7.** Correlação fluxo de  $N_2O$  vs temperaturas ambiente e do solo na subárea fileira, cultura de mamona.

Na subárea de entrelinha, as taxas de emissão de  $N_2O$  apresentaram uma dinâmica de emissão diferente. A correlação com as temperaturas ambiente ( $r$  0,5011) e do solo ( $r$  0,5586) foram positivas e moderadas (gráfico 8).



**Gráfico 8.** Correlação fluxo de  $N_2O$  vs temperaturas ambiente e do solo na subárea entrelinha, cultura de mamona.

Os conteúdos de umidade do solo encontrada nas subáreas foram muito baixas, típicos da estação do verão. Embora, não existiu correlação entre os fluxos de  $N_2O$  e os teores de umidade ( $r$  -0,7682), como se observa no gráfico 9.



**Gráfico 9.** Correlação fluxo de  $N_2O$  e umidade do solo nas subáreas, cultura de mamona.

Em concordância com estes baixos valores de umidade na camada superficial do solo (0-10 cm de profundidade), van Haren et al., (2005) observaram valores similares do EPSA de 20-30 % em períodos secos com diminuição rápida dos fluxos de  $N_2O$ .

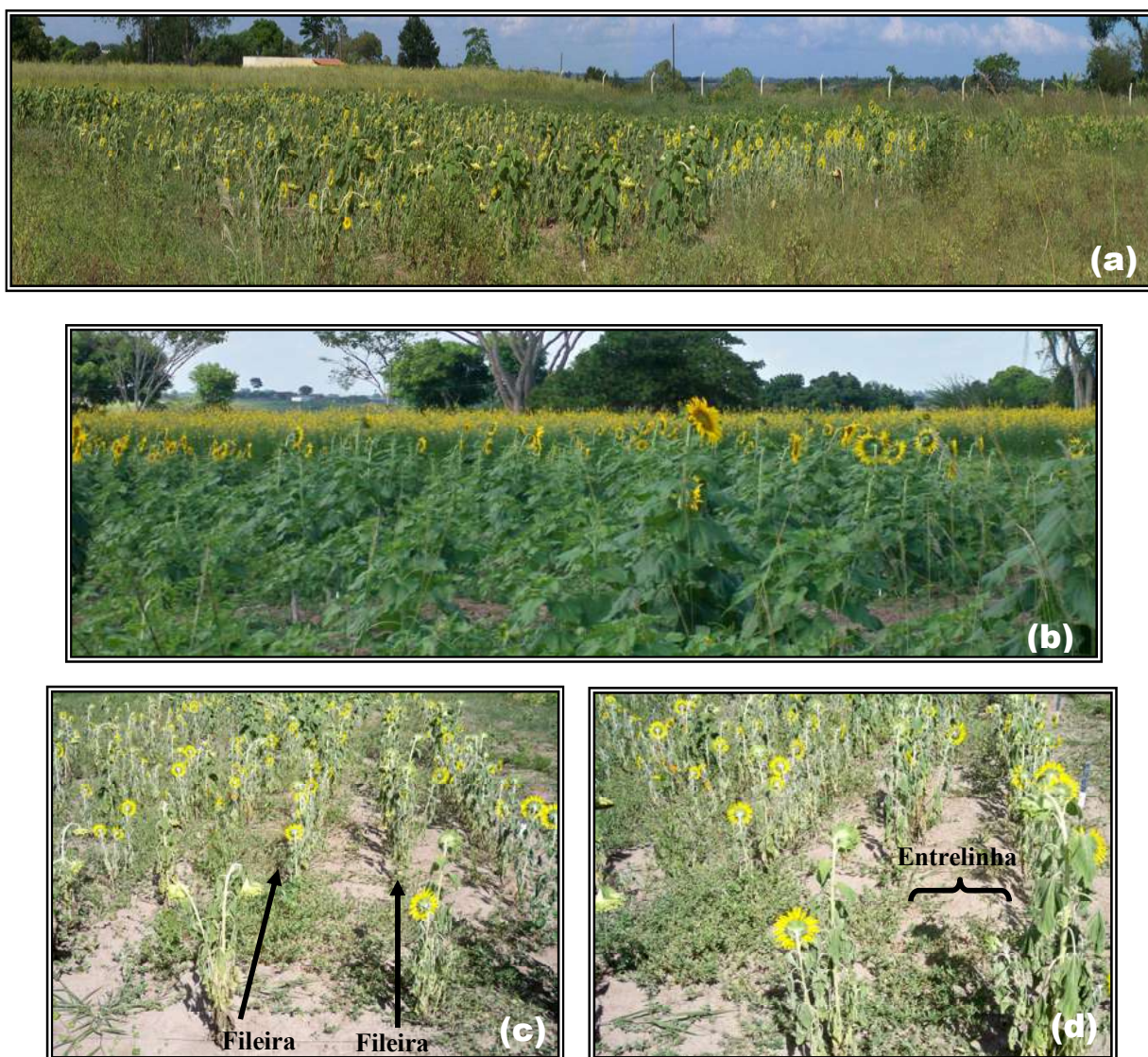
Em estudos realizados em inverno se reporta que os maiores fluxos de  $N_2O$  estiveram relacionados com altos teores de umidade (EPSA de 65 e 75 %) (Santos, 2009).

Estes resultados sugerem que a produção de  $N_2O$  poderia estar sendo afetada por outros fatores diferentes às características na estrutura e química do solo, avaliadas neste estudo.

### VIII.3 Emissão Diurna de $N_2O$ na Cultura de Girassol (*Helianthus annuus*)

#### VIII.3.1 Estudo da variabilidade diurna da emissão de $N_2O$ .

O estudo de variabilidade diurna da emissão de  $N_2O$  na cultura de girassol (híbrido Helio 360), foi conduzido nos dias 14-19 de novembro de 2009 no horário de 06:00 até 18:00 (anexo E). Nas figuras 34, 35 e 36 pode-se observar em detalhe a parcela de girassol, a subáreas, instalação das bases metálicas, coleta de solo e a localização das câmaras.



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 34.** Cultura de girassol (a, b) e identificação das subáreas fileira e entrelinha (c, d).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 35.** Localização e instalação das bases metálicas a 10 cm de profundidade nas fileiras e entrelinha (e, f, g, h) e coleta de solo (i,j).



Fonte: Autor, 2009.

**Fotografia 36.** Localização das câmaras estáticas nas subáreas de fileira e entrelinha do campo de girassol (k, l, m, n, o, p).

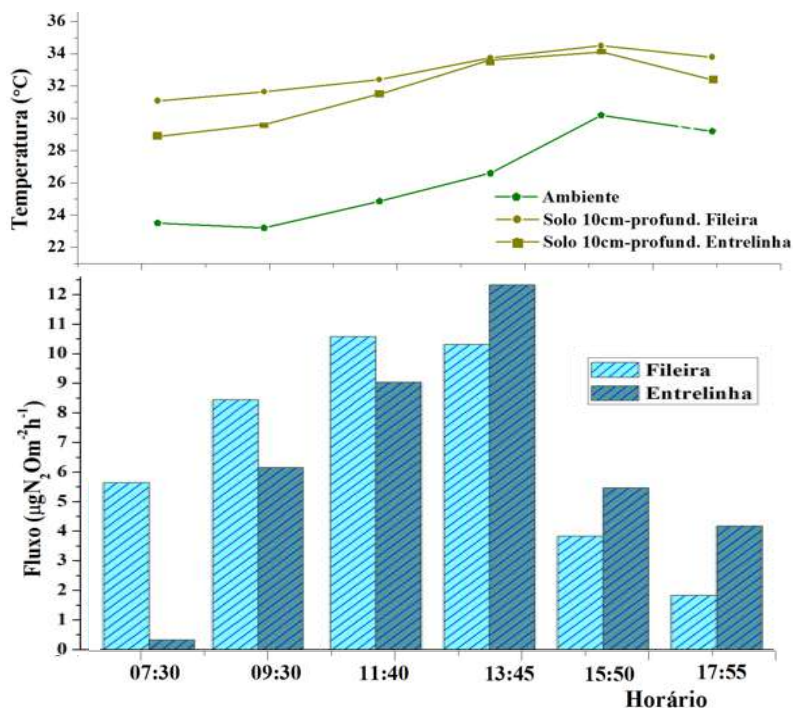
A variabilidade diurna das emissões de  $N_2O$  nas subáreas da cultura de girassol pode ser observada na tabela 20. Note-se em termos gerais que os fluxos no período da manhã (06:00-07:30) se apresentaram baixos, houve incremento de 09:30-13:45 e diminuição ao finalizar o período diurno (gráfico 10).

**Tabela 20.** Variabilidade diurna dos fluxos de N<sub>2</sub>O na cultura de girassol.

Subárea	Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Fileira		Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Entrelinha	
		Temperatura média (°C)			Temperatura média (°C)	
Horário		Ambiente	Solo10cm profund.		Ambiente	Solo10cm profund.
07:30	5,65	23,5	31,1	0,33	23,5	28,9
09:30	8,46	23,2	31,7	6,16	23,2	29,6
11:40	10,60	24,9	32,4	9,06	24,9	31,5
13:45	10,34	26,6	33,8	12,36	26,6	33,6
15:50	3,84	30,2	34,5	5,48	30,2	34,1
17:55	1,84	29,2	33,8	4,19	29,2	32,4

Na fileira, os fluxos da manhã foram maiores do que na entrelinha. Nos horários próximos do meio dia, as taxas de emissão incrementaram duas vezes; na subárea entrelinha houve incremento significativo nos horários próximos do meio dia, apresentando o maior fluxo de 12,36  $\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ ) às 13:45, superior ao encontrado na fileira. Posteriormente, diminuiu, mas a valores ligeiramente maiores aos encontrados na fileira.

O perfil das temperaturas na parcela experimental de girassol mostra que as temperaturas ambiente e do solo (10 cm de profundidade) seguem um padrão similar (tabela 20 e gráfico 10).

**Gráfico 10.** Variabilidade diurna dos fluxos de N<sub>2</sub>O e temperaturas na cultura de girassol.

Também apresentou variação ao longo do dia, de aproximadamente 4 e 7 °C, respectivamente. Observando os padrões de aumento das temperaturas e de emissão de N<sub>2</sub>O, em conjunto, encontrou-se uma relação proporcional na faixa de 7:30-13:45, período no qual aparecem os horários de emissão mínimo e máximo que constituem o foco de interesse no estudo da variabilidade diurna de N<sub>2</sub>O (gráfico 10).

A taxa média de emissão na fileira foi de 5,26 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, na subárea entrelinha o fluxo médio foi 3,99 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. O que demonstram que na cultura de girassol a subárea fileira constitui a maior fonte de emissão de N<sub>2</sub>O. Em geral a taxa média de emissão para a parcela experimental de girassol foi de 4,68 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> (tabela 21).

**Tabela 21.** Emissão de N<sub>2</sub>O por subáreas e da cultura de girassol.

Emissão (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Subáreas		Cultura de girassol
	Fileira	Entrelinha	
Média	5,26	3,99	4,68
Mínimo	3,74	2,26	
Máximo	9,80	9,19	

### VIII.3.2 Características físico-químicas do solo na cultura de girassol

Na tabela 22 se observam as características físico-químicas do solo, na camada superficial entre 0-10 cm de profundidade na parcela experimental da cultura de girassol. Em relação aos parâmetros físicos, o solo apresenta textura franca arenosa, teores de umidade baixos típicos da época de verão: 3,54 e 2,52 % na subárea entrelinha e na fileira, respectivamente.

**Tabela 22.** Características físico-químicas do solo na cultura de girassol.

Subárea	Parâmetros	Subáreas		Cultura de girassol	
		Fileira	Entrelinha	Fileira	Entrelinha
	Físicos	Valor		Químicos	
					Valor
	Umidade (%)	2,52	3,54	Nitrogênio Total (%)	0,06 0,06
	Textura	Franco arenoso		Carbono (%)	0,90 0,82
	Porosidade Total (%)	36,76	33,39	Matéria Orgânica (%)	1,56 1,41
	Macroporosidade (%)	20,94	10,54	C/N	15 14
	Microporosidade (%)	15,79	22,85	Amônia (mg/kg)	6,40 6,29
	Densidade do solo (kg/dm <sup>3</sup> )	1,60	1,65	Nitrato (mg/kg)	8,40 7,42
	EPSA (%)	12,08	15,90	pH	6,12 4,76

O adensamento do solo é levemente maior na entrelinha em relação à fileira (1,65 e 1,60 kg dm<sup>-3</sup>, respectivamente). A compactação do solo repercute na diminuição da porosidade total e da macroporosidade do solo; os valores percentuais de 36,76 e 20,94 % na fileira e 33,39 e 10,54 % na entrelinha. O que confie que existe ligeiro processo de compactação na camada superficial (0-10 cm) do solo na entrelinha (tabela 22).

A condição de compactação está diretamente relacionada com as práticas de manejo do solo, devido a mudanças na estrutura do solo. Por exemplo, o tráfego do trator no preparo do solo, a criação de zonas desprotegidas, com pouca ou sem cobertura vegetal como acontece nas entrelinhas. E o trânsito dos agricultores para realizar as atividades próprias do plantio, tais como a adubação, controle planas invasoras, inspeção, entre outras.

Além, a alternância umidade-seca (épocas inverno-verão) na camada superficial é outro fator que leva a impactos simultâneos como o leve adensamento das partículas do solo, criando uma camada densa tipo crosta que reduz a troca de gases, e a erosão hídrica (desagregação e transporte) do solo (Smith e Patrick, 1983).

Pode-se entender que estas condições físicas do solo reduzem as perdas de água, devido à redução da macroporosidade do solo, favorecendo sua conservação e localizando-se predominantemente na microporosidade. Isto pode ser uma explicação para a diferença na porcentagem de EPSA encontrado na entrelinha (15,90 %) e na fileira (12,08 %).

A subárea fileira apresentou maior porosidade (36,8 %) e macroporosidade (20,94 %), características das zonas de plantio que visam favorecer o crescimento das plantas, também corresponde a uma zona na qual se apresenta menor conteúdo de umidade devido à evaporação e ao consumo de água pelas plantas.

Portanto, as fileiras são zonas mais arejadas e beneficiam a dinâmica das trocas gasosas, a atividade da microfauna do solo e a decomposição aeróbia da matéria orgânica.

Os teores de matéria orgânica (C/N) nas subáreas além de ser semelhantes foram muitos baixos, no entanto a fileira apresentou conteúdos de matéria orgânica (1,56 %) e Carbono (0,90 %) levemente maiores. Podendo estar relacionados com aportes de nutrientes provenientes da decomposição de resíduos vegetais de plantas invasoras.



Os conteúdos elevados de N inorgânico, amônia e nitrato, nas subáreas indicam uma alta taxa de oxidação de N no solo. Através dos processos de amonificação e nitrificação, associadas a teores suficientes de matéria orgânica no solo (C disponível). O que promove a atividade geral microbiana resultando em maior consumo de O<sub>2</sub> e conseqüentemente favorecendo as condições anaeróbicas.

A elevada disponibilidade do N inorgânico, predominantemente na fileira, sugere que a emissão de N<sub>2</sub>O pode estar acontecendo simultaneamente pelos processos de nitrificação e desnitrificação. Outro fator chave, corresponde aos intervalos de pH que favorecem estes processos; assim quando a nitrificação é a principal fonte de N<sub>2</sub>O, tem sido associado a intervalos de pH 6 a 8.

Alternativamente o N<sub>2</sub>O é também produto intermediário na redução do nitrito por desnitrificação dos nitrificadores em condições limitadas de O<sub>2</sub> (Poth & Focht, 1985; Wrage et al., 2001). No entanto, quando a desnitrificação é a principal fonte de emissão de N<sub>2</sub>O tem-se relacionado com pH baixos, 5 a 6.

Considerando o pH encontrado na entrelinha (pH 4.7), se pode dizer que provavelmente predominou o processo de desnitrificação (Granli & Bockman, 1994, Yamulki et al., 1997).

### **VIII.3.3 Variabilidade temporal dos fluxos de N<sub>2</sub>O na cultura de girassol**

A variabilidade temporal das emissões de N<sub>2</sub>O no período diurno consta na tabela 23. A emissão média na subárea fileira no período de menor emissão (07:30) foi de 6,34  $\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e na entrelinha foi de 2,50  $\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ .

No período de maior emissão (13:45) a fileira o apresentou fluxo médio de 10,72  $\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e na entrelinha 10,93  $\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ .

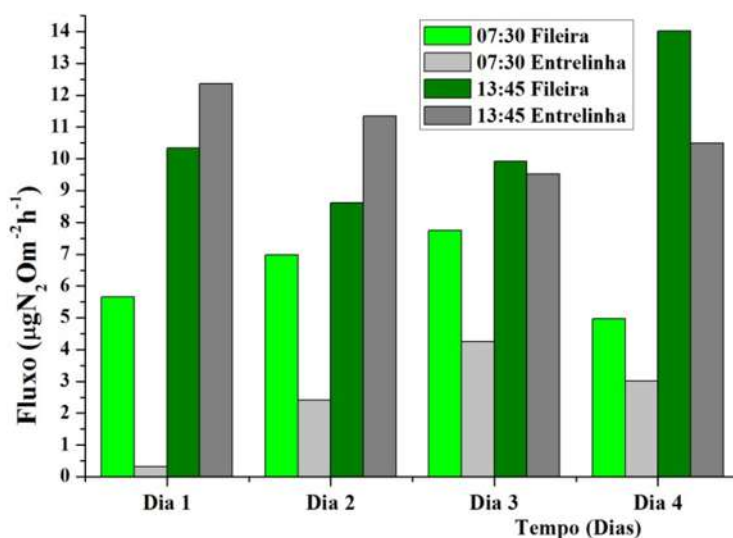
Na fileira a variação nos teores de umidade apresentou um aumento leve no meio dia (3,44 a 3,55 %). Uma possível explicação deste fenômeno pode dever-se ao movimento vertical ascendente da umidade, por capilaridade pode deslocar-se desde zonas mais profundas para zonas superficiais do solo (van Schöll, 2003).

**Tabela 23.** Fluxos de N<sub>2</sub>O e temperaturas registradas nos períodos de maior e menor emissão na cultura de girassol.

Subáreas		Fileira				Entrelinha			
Coleta	Horário	Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Temperatura (°C)		Umidade (%)	Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Temperatura (°C)		Umidade (%)
			Amb.	Solo			Amb.	Solo	
Dia 1	07:30	5,65	23,5	31,1		0,33	23,5	28,9	
Dia 2		6,98	21,7	31,5	3,11	2,41	21,7	32,1	3,20
Dia 3		7,75	20,4	30,1	3,60	4,26	20,4	30,1	3,37
Dia 4		4,98	22,4	30,3	3,60	3,02	22,4	30,8	3,84
Dia 1	13:45	10,34	26,6	33,8		12,36	26,6	33,6	
Dia 2		8,61	26,7	35,2	3,90	11,34	26,7	36,3	2,94
Dia 3		9,91	26,8	36,4	3,00	9,52	26,8	37,0	3,05
Dia 4		14,02	28,6	36,5	3,75	10,49	28,6	37,0	3,63

Na entrelinha, o teor de umidade mostrou uma tendência contrária à fileira, diminuindo de 3,47 % na manhã a 3,21 % na tarde, como se observa na tabela 23; este resultado está relacionado principalmente ao maior aquecimento do solo pela escassa cobertura vegetal. Portanto, considera-se que as taxas de evaporação são superiores à autoreposição da umidade pelo processo de capilaridade.

Como se pode visualizar no gráfico 11, os fluxos no período da manhã na fileira foram predominantemente elevados aos encontrados na entrelinha. Não obstante, no período da tarde, as taxas de emissão de N<sub>2</sub>O nos dias 1 e 2 apresentam-se maiores na entrelinha e nos dias 3 e 4 foram maiores na fileira.



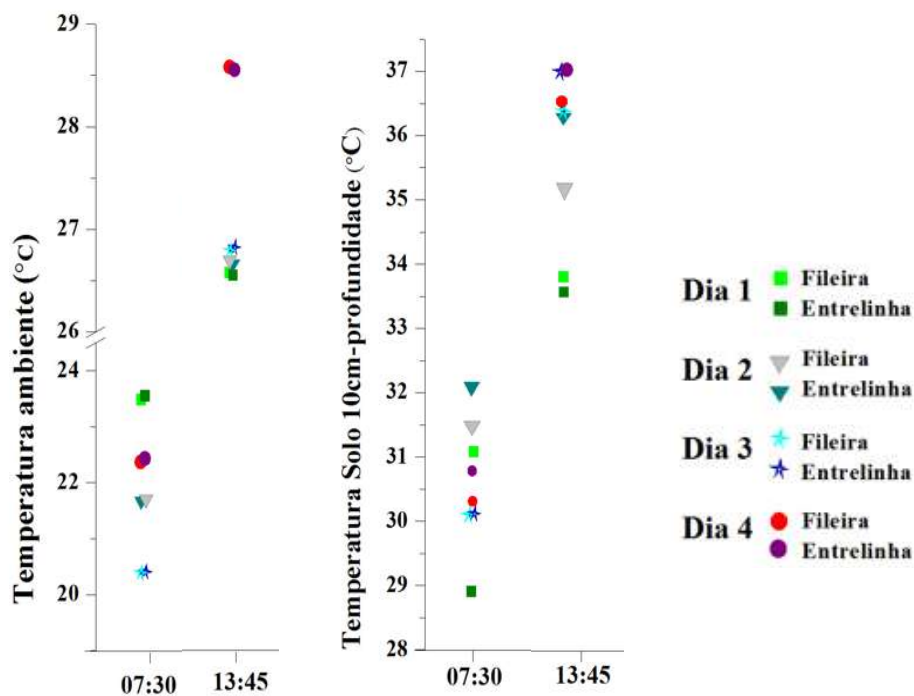
**Gráfico 11.** Fluxos diários de N<sub>2</sub>O nos períodos de menor e maior emissão na cultura de girassol.

A taxa de emissão média diária na subárea de fileiras foi de  $7,22 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e na entrelinha de  $3,90 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ . O fluxo médio determinado na cultura de girassol foi de  $5,71 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  (tabela 24).

**Tabela 24.** Emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  por subáreas e da cultura de girassol.

Emissão ( $\mu\text{gN}_2\text{Om}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Subáreas		Cultura de girassol
	Fileira	Entrelinha	
Média	6,52	3,90	5,33

O perfil da temperatura ambiente no período de menor emissão apresentou uma variação de aproximadamente  $3^\circ\text{C}$  durante os 4 dias de estudo. No período de maior emissão (13:45) a variação foi de cerca de  $2^\circ\text{C}$  (gráfico 12). A temperatura no solo a 10 cm de profundidade nos dois períodos mostrou variação de  $4^\circ\text{C}$ .



**Gráfico 12.** Perfil das temperaturas durante os períodos de menor e maior emissão de  $\text{N}_2\text{O}$ , na cultura de girassol.

### VIII.3.4 Análises estatísticas

Como se observa na tabela 25 e anexo F, quando realizado o teste de normalidade Shapiro-Wilk. Identificou-se que os conjuntos de dados da variável dependente e independentes (fluxos, temperaturas ambiente e do solo e umidade) nas duas subáreas, provêm de populações normalmente distribuídas ( $P > 0,05$ ), portanto se rejeita a hipótese  $H_0$  em todos os casos.

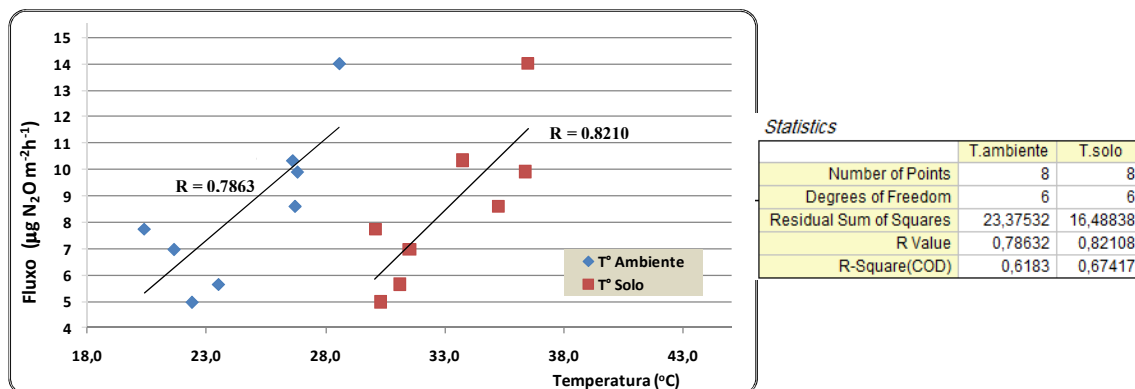
**Tabela 25.** Análises estatísticas na cultura de girassol.

Variáveis	Fileira				Entrelinha			
	Temperatura (°C)				Temperatura (°C)			
	Fluxo	Ambiente	Solo 10cm profund.	Umidade (%)	Fluxo	Ambiente	Solo 10cm profund.	Umidade (%)
n	14	14	14	12	8	8	8	6
Mínimo	4,63	20,4	29,8	2,37	0,33	20,4	28,9	3,05
Máximo	14,32	28,6	39,8	4,36	12,36	28,6	41,4	3,58
IC 95%	6,93-10,27	22,7-26,2	31,7-35,9	2,89-3,77	2,78-10,64	22,1-27,0	30,3-37,4	3,12-3,52
<sup>1</sup> P<W	0,7463	0,3955	0,1581	0,9241	0,2249	0,3955	0,2798	0,8979
Corr. Pearson	1.0	0.7863	0.8210	-0,8429	1.0	0.8253	0.8476	-0,3633
*p-valor	--	0.0206	0.0124	0,0350	--	0.0116	0.0078	0,4789

<sup>1</sup>  $p < W$  corresponde ao teste de Shapiro-Wilk para estabelecer a normalidade dos dados, regra de decisão  $p > 0,05$  aceita-se que os dados apresentam distribuição normal.

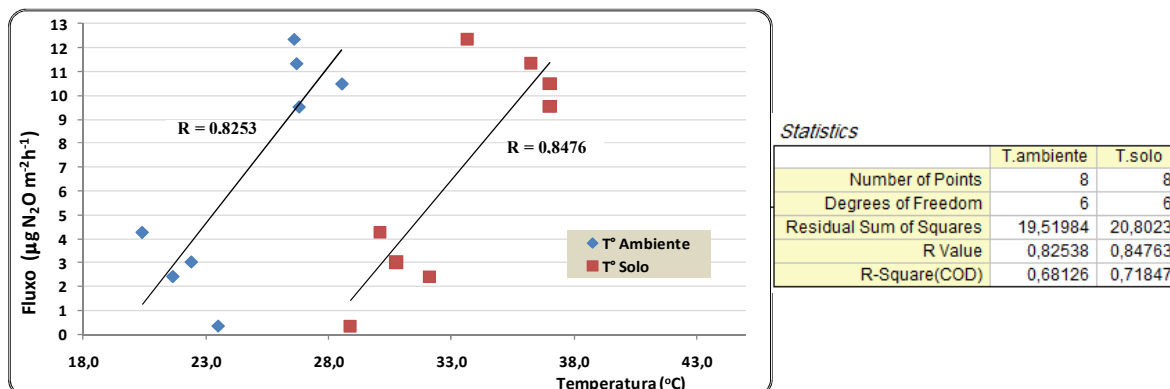
<sup>2</sup> Correlação de Pearson; regra de decisão  $p$ -valor  $< 0,05$  aceita-se que existe correlação ao nível de significância 5%.

Na subárea de fileira, se encontrou que a principal correlação se dá entre o fluxo e a temperatura do solo ( $r = 0,8210$   $p = 0,0124$ ), trata-se de uma correlação moderada (gráfico 13).



**Gráfico 13.** Correlação fluxo de  $N_2O$ , temperatura ambiente e do solo na subárea fileira, cultura de girassol.

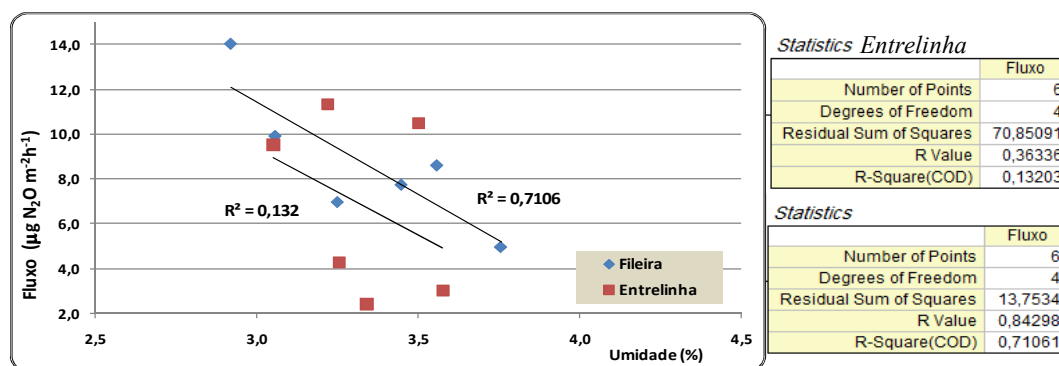
No gráfico 14, se encontra a correlação na subárea entrelinha, se encontrou que a principal associação se dá entre o fluxo e a temperatura do solo ( $r = 0,8476$   $p=0,0078$ ).



**Gráfico 14.** Correlação fluxo de  $N_2O$ , temperatura ambiente e do solo na subárea entrelinha, cultura de girassol.

A análise de correlação da umidade e fluxo, mostra que existe uma correlação negativa significativamente moderada na fileira ( $r = -0,8429$   $p = 0,0350$ ), e que não existe correlação entre estas variáveis na entrelinha ( $r = -0,3633$   $p = 0,4789$ ) (gráfico 15).

Isto pode ser explicado, devido aos baixos teores de umidade encontrados na cultura de girassol, pelas características do cultivo nos dias de avaliação e por tratar-se de plantas pequenas: o solo se encontrava mais exposto a sofrer importantes perdas de umidade por evaporação.



**Gráfico 15.** Correlação fluxo de  $N_2O$  vs umidade do solo nas subáreas fileira e entrelinha, cultura de girassol.

Estes resultados concordam com os resultados obtidos por Flessa et al., (1995) que encontraram grandes emissões de  $N_2O$  em cultura de girassol, mas não encontraram correlação entre os fluxos deste gás e o teor de umidade do solo.

#### VIII.4 Emissão Diurna de $N_2O$ na Cultura de Aipim (*Manihot esculenta* Crantz)

##### VIII.4.1. Estudo da variabilidade diurna da emissão de $N_2O$ .

O estudo da variabilidade diurna das taxas de emissão de  $N_2O$  na cultura de aipim ocorreu nos dias 10 e 22 de novembro de 2009 (anexo G). A parcela de aipim se localizou no quintal de casa próxima do Campo Experimental do Centro Ciências Agrárias da UFRB, onde tradicionalmente se pratica a agricultura de subsistência. As características do cultivo, a identificação das subáreas, coleta de solo e localização das câmaras estáticas se mostram nas figuras 37 e 38.



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 37.** Vista geral da cultura de aipim (a, b), subáreas de plantio e entrelinha (c, d, e) e coleta de solo e armazenamento (f, g, h).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 38.** Localização das câmaras estáticas (i, j, k, l, m, n, o, p, q).

A variabilidade diurna dos fluxos de  $N_2O$  mostrou tendência de baixas taxas de emissão no período da manhã, aumento nos períodos próximos do meio dia e diminuição ao finalizar o período diurno, como pode ser observado na tabela 26 e gráfico 16.

**Tabela 26.** Variabilidade diurna dos fluxos de N<sub>2</sub>O na cultura de aipim.

Horário	Subáreas	Fileira		Entrelinha		
	Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Temperatura média (°C)		Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Temperatura média (°C)	
		Ambiente	Solo 10cm profund.		Amb.	Solo10cm profund.
07:30	4,44	21,3	29,0	11,96	21,3	28,8
09:30	9,12	21,5	31,0	9,52	21,2	30,5
11:40	13,98	24,8	33,8	12,46	24,6	33,2
13:45	13,77	28,2	37,1	17,99	27,9	34,6
15:50	17,13	29,9	37,9	15,33	31,0	34,6
17:55	7,58	30,7	36,0	11,19	31,1	33,7

As maiores taxas de emissão diurna de N<sub>2</sub>O se registraram na subárea da entrelinha; a maior variabilidade dos fluxos aconteceu na subárea de fileira. Os fluxos médios nas subáreas de aipim foram: 8,24  $\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2}\text{ h}^{-1}$  na fileira e 11,58  $\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2}\text{ h}^{-1}$  na entrelinha.

A emissão média determinada na cultura de aipim foi de 9,08  $\mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2}\text{ h}^{-1}$  (tabela 27).

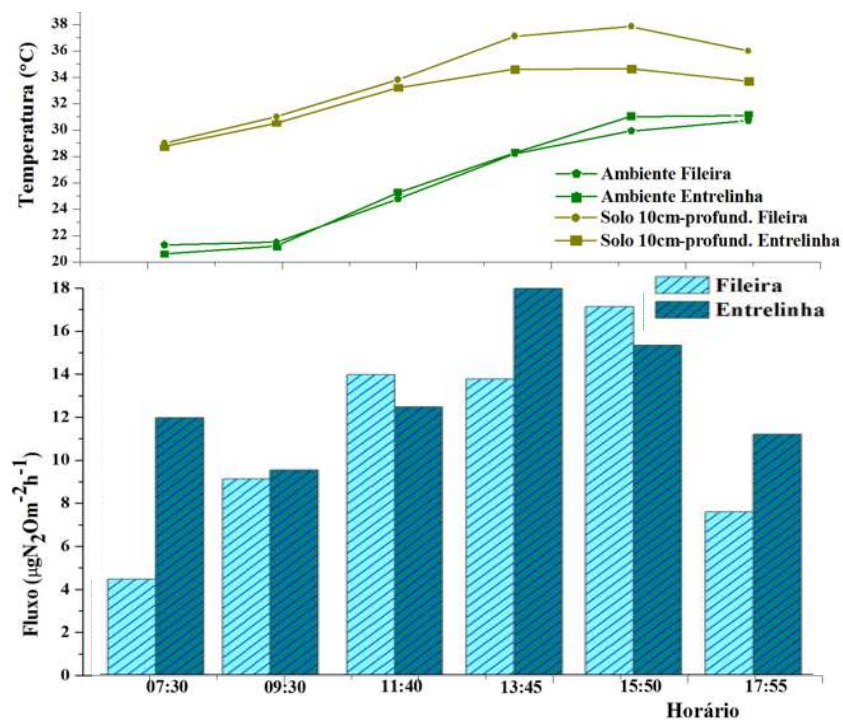
**Tabela 27.** Emissões de N<sub>2</sub>O por subáreas e da cultura de aipim.

Emissão ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Subáreas		Cultura de aipim
	Fileira	Entrelinha	
Média	8,24	11,58	9,08
Mínimo	6,01	10,35	
Máximo	14,96	15,26	

Os perfis das temperaturas monitoradas durante os dois dias de estudo se constam no gráfico 16. Encontra-se que as temperaturas ambiente e do solo a 10 cm de profundidade apresentam o mesmo padrão de aumento.

A variação diurna média da temperatura ambiente foi de cerca de 9 °C na subárea de fileira e 10 °C na entrelinha. A variação da temperatura diurna do solo na fileira foi maior do que na entrelinha.





**Gráfico 16.** Variabilidade diurna dos fluxos de N<sub>2</sub>O e temperaturas na cultura de aipim.

Observou-se que na entrelinha a temperatura do solo apresenta o mesmo comportamento que o fluxo ao longo do dia; enquanto que, na fileira o padrão foi similar até as 15:50.

Com relação à temperatura ambiente, encontrou-se que existe similitude com os aumentos de fluxo até as 13:45. Em todos os casos, se apresentou uma relação proporcional (temperatura-fluxo) na faixa de 7:30-13:45. Período no qual aconteceram as máximas e mínimas emissões de N<sub>2</sub>O, foco de interesse do estudo da variabilidade diurna deste gás (gráfico 16).

#### VIII.4.2 Características físico-químicas do solo na cultura de aipim

Os resultados das características físico-químicas do solo na camada superficial (0-10 cm de profundidade) na cultura de aipim se mostram na tabela 28. O solo na cultura de aipim apresentou textura franca arenosa e baixos teores de umidade. Ainda que, na subárea de entrelinha se encontrou o maior conteúdo de umidade (3,86 %).

**Tabela 28.** Características físico-químicas do solo na cultura de aipim.

Subárea	Parâmetros	Fileira	Entrelinha	Fileira	Entrelinha
		Valor		Valor	
Físicos		Valor		Químicos	
Umidade (%)		1,94	3,86	Nitrogênio Total (%)	< LDM
Textura		Franco arenoso		Carbono (%)	0,68
Porosidade Total (%)		39,99	33,05	Matéria Orgânica (%)	1,17
Macroporosidade (%)		22,24	15,96	C/N	17
Microporosidade (%)		17,75	17,09	Amônia (mg/kg)	3,30
Densidade do solo (kg/dm <sup>3</sup> )		1,44	1,63	Nitrato (mg/kg)	5,10
EPSA (%)		6,99	19,04	pH	6,27

Foi observada maior densidade no solo na entrelinha (1,63 kg dm<sup>-3</sup>) em comparação com a fileira (1,44 kg dm<sup>-3</sup>). A possível causa pode-se estar associada à prática agrícola tradicional que o agricultor familiar vem executando por vários anos, na mesma parcela e com a mesma técnica de plantio. Afrouxando o solo para a formação das covas e deixando o solo sem cobertura vegetal nas entrelinhas; onde se transita freqüentemente para o controle e inspeção do cultivo.

Além disso, os ciclos de umedecimento e secamento e expansão e contração da massa do solo na entrelinha (Camargo & Alleoni, 1997). Portanto, essas condições favorecem o adensamento paulatinamente.

A condição de compactação na subárea entrelinha se refletida pela diminuição observada na macroporosidade do solo (15,96 %) em comparação com a subárea fileira (22,24 %) (tabela 28).

Isto sugere que na entrelinha existe uma diminuição do nível de O<sub>2</sub> no solo, que pode ser medido indiretamente como o espaço poroso saturado de água (EPSA). Assim o EPSA foi maior na entrelinha (19,04 %) e se localiza predominantemente na microporosidade do solo. No mesmo sentido, a subárea fileira apresentou valor de EPSA menor (6,99 %). Devido a perdas de umidade e consumo pelas plantas, processo que se facilita pela maior porosidade desta subárea.

A subárea entrelinha apresentou os maiores teores de matéria orgânica (1,38 %) e Carbono (0,80 %). Isto pode estar relacionado à incorporação contínua de resíduos vegetais que o agricultor familiar acumula na fileira.

Ainda que, a ação dos ventos termina acumulando os resíduos orgânicos nas entrelinhas, tal como se pode observar na figura 38. Enquanto que a fileira recebe um aporte adicional de matéria orgânica proveniente da queda e decomposição de folhagem da própria planta de aipim.

Na fileira, a baixa concentração de amônia ( $3,30 \text{ mg kg}^{-1}$ ) em relação à concentração de nitrato ( $5,10 \text{ mg kg}^{-1}$ ), indica que existe uma rápida atividade oxidativa da amônia pelos microorganismos nitrificadores. A alta disponibilidade de nitrato no solo com boa porosidade e pH de 6.27, como acontece na subárea de fileira; sugere que a nitrificação pode ser a fonte principal na geração de  $\text{N}_2\text{O}$ .

Quando se apresenta acumulação do nitrito pode acontecer a mobilização deste até zonas mais profundas e, ser reduzido a  $\text{N}_2\text{O}$  gradativamente em microlocais anaeróbicos; ou pode ser afetado pelas chuvas, uma parte é reduzida rapidamente a  $\text{N}_2\text{O}$  e a outra parte será lixiviada (Hadi et al., 2000; Ma et al., 2008).

Na entrelinha, o baixo teor de nitrato ( $5,00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) pode estar relacionado possivelmente com o aumento nas emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  pela desnitrificação. Este processo se vê favorecido pelo alto conteúdo de matéria orgânica, que pode ter levado ao aumento da atividade microbiana; resultando em maior consumo de  $\text{O}_2$  e favorecendo a formação de zonas anaeróbicas.

Outra condição favorável é o adensamento que apresenta esta subárea, o qual limita a troca gasosa na interfase solo-atmosfera (Wijler & Delwiche, 1994 *apud* Yamulki et al., 1997).

#### **VIII.4.3 Variabilidade temporal dos fluxos de $\text{N}_2\text{O}$ na cultura de aipim**

As emissões médias de  $\text{N}_2\text{O}$  determinadas nos cinco dias (10, 22, 30 de novembro, 01 e 06 de dezembro de 2009) se apresentam na tabela 29. Na fileira, o menor fluxo médio foi de  $4,93 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  e na entrelinha  $7,11 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ .

No período de maior emissão se encontrou um aumento de aproximadamente três vezes o fluxo menor. A emissão média na fileira foi de  $15,34 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  e na entrelinha  $18,71 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ .

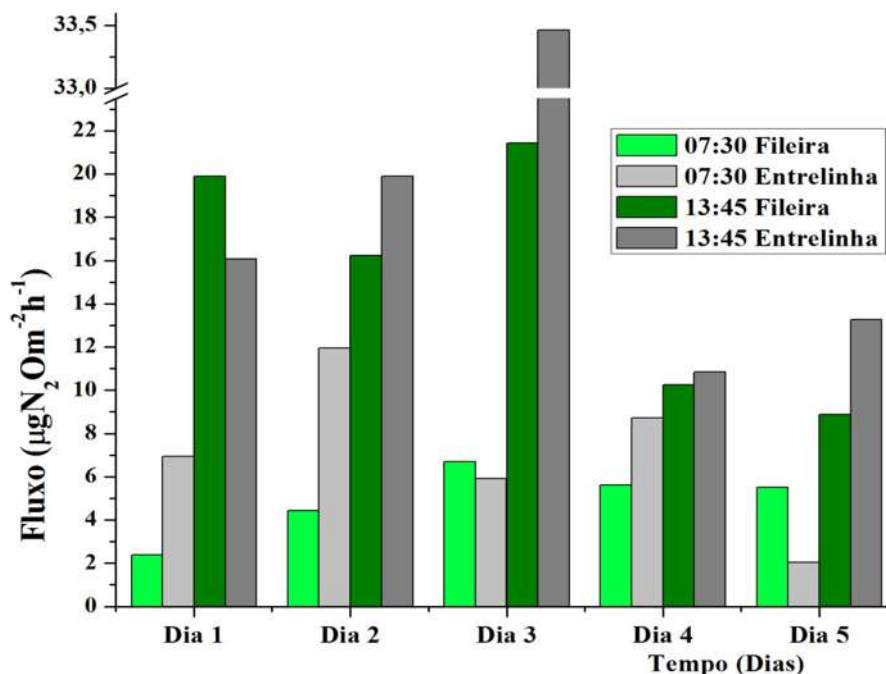
**Tabela 29.** Fluxos de N<sub>2</sub>O e temperaturas registradas nos períodos de maior e menor emissão na cultura de aipim.

Subáreas		Fileira			Entrelinha				
Coleta	Horário	Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Temperatura (°C)		Umidade (%)	Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Temperatura (°C)		Umidade (%)
			Amb.	Solo			Amb.	Solo	
Dia 1	07:30	2,39	22,0	-	-	6,93	22,0	-	-
Dia 2		4,44	20,6	29,0	-	11,96	20,6	28,8	-
Dia 3		6,70	23,9	30,7	1,97	5,91	23,9	30,8	4,63
Dia 4		5,63	23,5	30,7	1,96	8,70	23,5	31,0	4,09
Dia 5		5,50	24,1	31,6	1,63	2,04	24,1	31,5	4,24
Dia 1	13:45	19,89	28,2	38,5	-	16,07	27,8	33,9	-
Dia 2		16,23	28,8	36,6	-	19,90	28,8	35,5	-
Dia 3		21,44	28,2	37,7	2,37	33,46	28,2	37,7	4,53
Dia 4		10,26	29,5	35,9	2,08	10,84	29,5	35,4	4,16
Dia 5		8,87	29,5	38,6	1,52	13,27	29,5	37,5	3,88

Os teores médios de umidade do solo foram; no período da manhã de 1,85 % e na tarde de 1,99 %, apresentando incremento ligeiro, devido possivelmente ao fenômeno de capilaridade da água nesses horários.

Na entrelinha, os conteúdos médios de umidade no período da manhã foram maiores (4,32 %) e no período da tarde diminuíram a 4,19 % (tabela 29). Esta redução está relacionada com o aumento da temperatura do solo, resultando em níveis maiores de evaporação, especialmente em zonas sem cobertura vegetal.

Como se observa no gráfico 17, na subárea da entrelinha ocorreu à maior variabilidade temporal dos fluxos em cada um dos períodos avaliados, os fluxos medidos na fileira foram sempre baixos. No dia 3 do período da tarde se apresentaram os maiores fluxos nas subáreas.



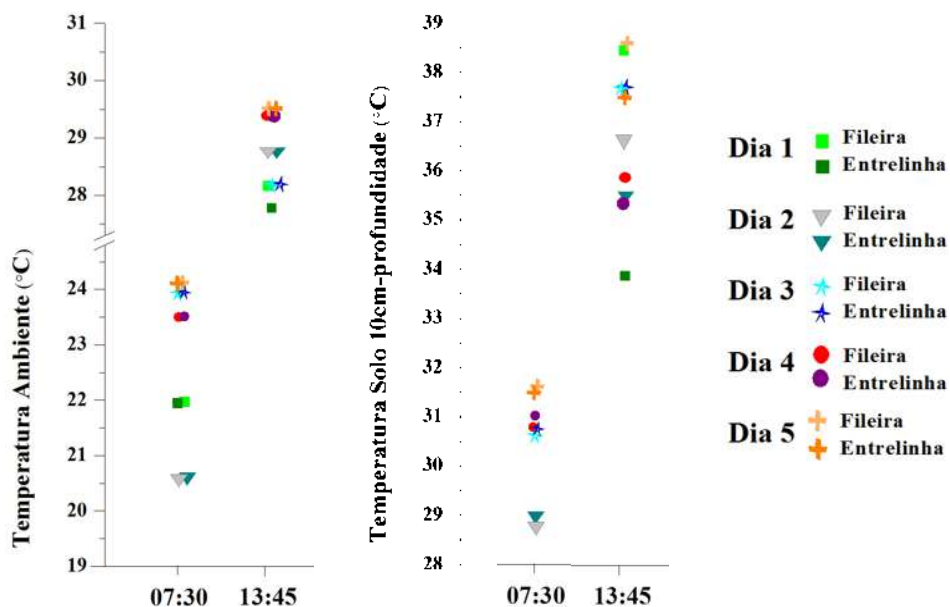
**Gráfico 17.** Fluxos diários de  $N_2O$  nos períodos de menor e maior emissão na cultura de aipim.

O fluxo médio determinado na subárea de fileira foi  $7,03 \mu g N_2O m^{-2} h^{-1}$  e na entrelinha  $9,31 \mu g N_2O m^{-2} h^{-1}$ . Enquanto que, a taxa de emissão média encontrada para a cultura de aipim foi calculada em  $7,60 \mu g N_2O m^{-2} h^{-1}$  (tabela 30).

**Tabela 30.** Emissões de  $N_2O$  por subáreas e da cultura de aipim.

Emissão ( $\mu g N_2O m^{-2} h^{-1}$ )	Subáreas		Cultura de aipim
	Fileira	Entrelinha	
Média	7,03	9,31	7,60

O perfil das temperaturas ambiente e do solo se visualiza no gráfico 18. A temperatura ambiente no período de menor emissão teve variação média de cerca de  $2^\circ C$  durante os 5 dias de avaliação, registrando-se temperaturas mínima de  $22^\circ C$  e máxima de  $24,1^\circ C$  na manhã e  $27,8$  a  $29,5^\circ C$  na tarde respectivamente.



**Gráfico 18.** Perfil das temperaturas durante os períodos de menor e maior emissão de N<sub>2</sub>O, na cultura de aipim.

A temperatura do solo na manhã mostrou variação média, semelhante, de 2 °C e no período da tarde, 3 °C. Com temperatura mínima de 28,8 °C e máxima de 31,6 °C na manhã e 33,9 a 38,6 °C na tarde respectivamente.

#### VIII.4.4 Análises estatísticas

Na tabela 31 e anexo H, constam os resultados da estatística descritiva para os dados do estudo da variabilidade temporal das emissões de N<sub>2</sub>O, na cultura de Aipim.

O teste de normalidade mostra que nas subáreas fileira e entrelinha os conjuntos de dados, das taxas de emissão de N<sub>2</sub>O, temperaturas do ambiente e do solo e umidade possuem distribuição normal; baseado nos coeficientes de Shapiro-Wilk que foram maiores de 0,05.

Portanto, se rejeita a  $H_0$  e se estabelece que os dados provem de uma distribuição teórica normal.

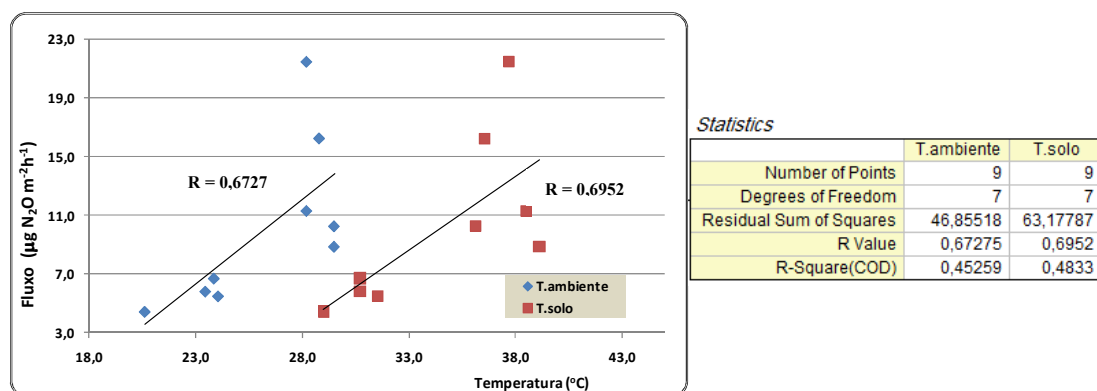
**Tabela 31.** Análises estatísticas na cultura de aipim.

Subáreas	Cova				Entrelinha				
	Variáveis	Temperatura (°C)			Umidade	Temperatura (°C)			Umidade
		Fluxo	Ambiente	Solo 10cm profund.		Fluxo	Ambiente	Solo 10cm profund.	
n	15	15	15	12	9	9	9	6	
Mínimo	4,44	20,6	28,9	1,38	2,03	20,6	28,8	3,88	
Máximo	28,37	29,5	39,8	2,473	33,46	29,5	37,7	4,63	
IC 95%	6,0-13,6	24,6-27,9	32,2-36,4	1,67-2,16	5,14-21,38	23,6-28,6	31,1-36,0	3,96-4,54	
<sup>1</sup> P<W	0,16332	0,09444	0,14417	0,7692	0,35952	0,1411	0,4821	0,7957	
Corr. Pearson	1,000	0,6727	0,6952	0,7098	1,000	0,4869	0,6625	0,2506	
*p valor	--	0,0470	0,0376	0,1140	--	0,1836	0,0518	0,6319	

<sup>1</sup>  $p < W$  corresponde ao teste de Shapiro-Wilk para estabelecer a normalidade dos dados, regra de decisão  $p > 0,05$  aceita-se que os dados apresentam distribuição normal.

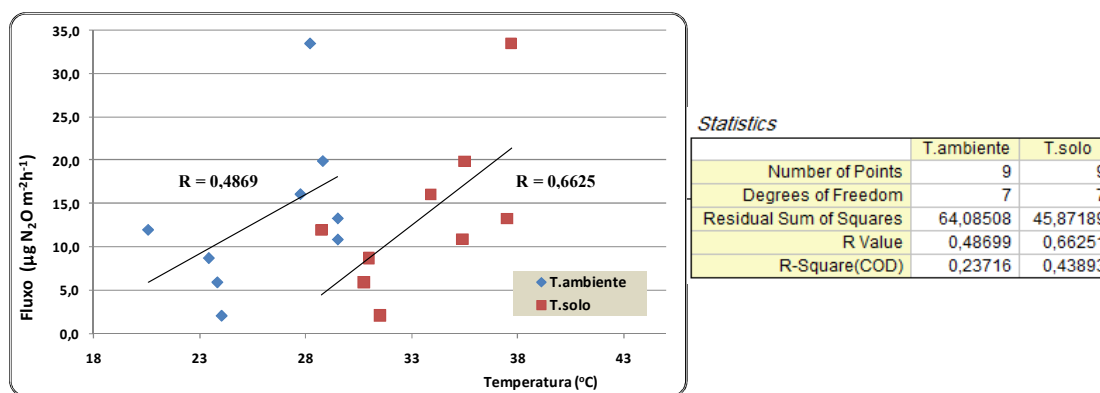
<sup>2</sup> Correlação de Pearson; regra de decisão  $p$ -valor  $< 0,05$  aceita-se que existe correlação ao nível de significância 5 %.

Na subárea de fileira, as análises de correlação de Pearson da taxa de emissão de  $N_2O$ , a temperatura ambiente e do solo mostraram ser significativas, positivas e moderadas ( $r = 0,6727$   $p=0,0470$  e  $r = 0,6952$   $p=0,0376$ )., apresentando correlação positiva moderada (gráfico 19).



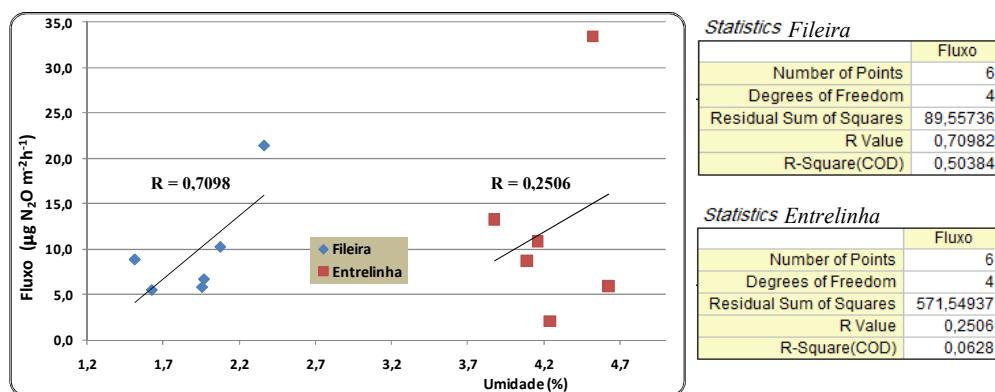
**Gráfico 19.** Correlação fluxo de  $N_2O$  vs temperatura ambiente e do solo na subárea fileira da cultura de aipim

Na área de entrelinha a correlação entre fluxo e temperatura ambiente mostrou uma correlação moderada positiva ( $r = 0,4869$   $p=0,1836$ ), mas não foi estatisticamente significativa; o mesmo resultado se obteve entre a associação de fluxo e a temperatura do solo ( $0,6625$   $p=0,0518$ ), como se observa no gráfico 20.



**Gráfico 20.** Correlação fluxo de  $N_2O$  vs temperatura ambiente e do solo na subárea entrelinha da cultura de aipim.

A correlação do fluxo de  $N_2O$  e a umidade do solo, em cada uma das subáreas não foi significativa estatisticamente. No obstante, na fileira a correlação foi positiva e moderada ( $r = 0,7098$   $p=0,1140$ ) e na entrelinha a associação foi positiva e fraca ( $r = 0,2506$   $p=0,6319$ ), gráfico 21.



**Gráfico 21.** Correlação fluxo de  $N_2O$ , umidade do solo nas subáreas, cultura de aipim.



## VIII.5 Emissão Diurna de $N_2O$ no Remanescente de Mata Atlântica

### VIII.5.1 Estudo da variabilidade diurna da emissão de $N_2O$ .

Realizou-se o estudo da variabilidade diurna da emissão de  $N_2O$  em área do remanescente de mata atlântica de transição durante os dias 01 e 02 de dezembro de 2009 (anexo I).

Nas figuras 39, 40 e 41 mostram-se em detalhe a reserva natural da EMBRAPA-CNPMF, acesso ao local, localização das bases metálicas, coleta de solo para a sua caracterização físico-química e localização das câmaras estáticas.



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 39.** Reserva natural remanescente de mata atlântica de transição (a, b); acesso aos locais de coleta (c, d, f).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 40.** Instalação das bases metálicas das câmaras estáticas (g, h, i), coleta de solo (j, k, l, m, n, o, p) e localização das câmaras estáticas (q, r, s, t, u, v).



Fonte: Autor, 2009.

**Figura 41.** Localização das câmaras estáticas (w, x).

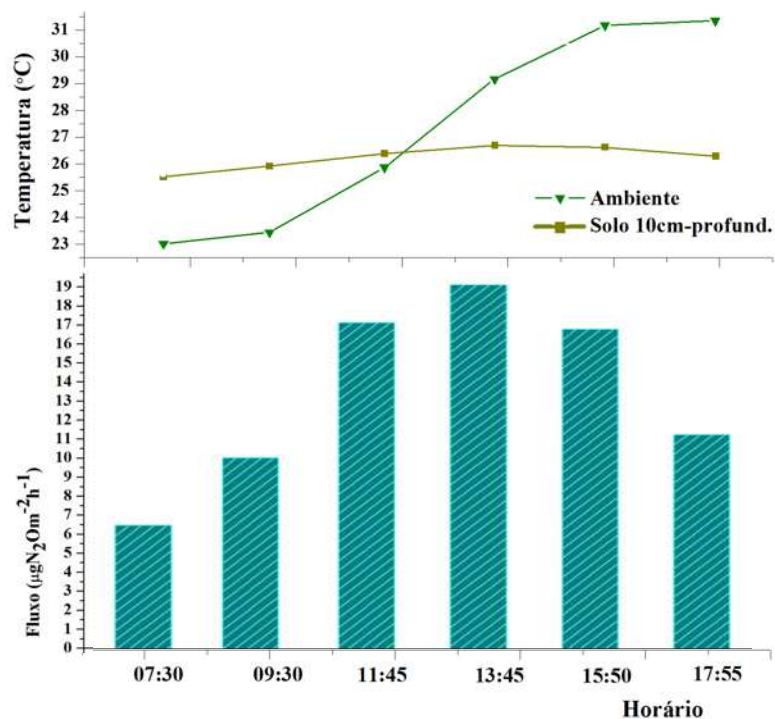
A variabilidade diurna dos fluxos de  $N_2O$  na floresta em estudo se mostra na tabela 32. Encontrou-se um comportamento na emissão deste gás, similar aos encontrados nas culturas avaliadas: taxas de emissão baixa nos horários da manhã, aumento nos horários próximos do meio dia e diminuição ao finalizar o período diurno.

**Tabela 32.** Variabilidade diurna dos fluxos de  $N_2O$  na floresta.

Horário	Fluxo ( $\mu gN_2O m^{-2} h^{-1}$ )	Temperatura média ( $^{\circ}C$ )	
		Ambiente	Solo 10 cm profundidade
06:00-07:30	6,49	22,6	25,5
08:05-09:30	10,05	23,0	25,9
10:10-11:40	17,16	26,4	26,4
12:15-13:45	19,15	28,8	26,7
14:20-15:50	16,81	31,1	26,6
16:25-17:55	11,28	31,7	26,3

Observa-se que o último fluxo medido não apresenta diminuição marcada, como foi registrado nas medidas realizadas nas culturas oleaginosas e de aipim. Os maiores fluxos de emissão ocorreram no horário de 11:40-15:50, como se observa na tabela 32 e no gráfico 22.

O perfil das temperaturas registradas durante o estudo da variabilidade diurna dos fluxos de  $N_2O$  se encontra no gráfico 22. A temperatura ambiente teve uma variação média de  $9^{\circ}C$  durante o período diurno, com incremento significativo a partir das 10:00, ao finalizar o dia se manteve constante em torno de  $31^{\circ}C$ .



**Gráfico 22.** Variabilidade diurna dos fluxos de N<sub>2</sub>O e temperatura na floresta.

A temperatura do solo apresentou uma variação média de cerca de 1 °C, permanecendo quase constante em 26,2 °C. Isto ocorre pela cobertura vegetal estratificada da floresta (dossel) que gera um microambiente, minimizando a incidência direta da radiação solar no interior da mesma.

Provocando variações próximas da superfície do solo, entre aproximadamente 2 m acima e 1 m dentro do solo (Pillar, 1995; Afubra, 1999; EPAMIG, 2009), como se pode observar nas figuras 39, 40 e 41.

O remanescente do bioma corredor central de Mata Atlântica apresentou fluxo médio de 11,09 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Fluxo mínimo de 8,89 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e máximo de 17,70 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, como se mostra na tabela 33.

**Tabela 33.** Emissões de N<sub>2</sub>O na floresta (variabilidade diurna).

Emissão (µgN <sub>2</sub> Om <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Mata atlântica
Média	11,09
Mínimo	8,89
Máximo	17,70

Em termos gerais, se observou que o perfil de emissão de N<sub>2</sub>O segue um comportamento similar à temperatura ambiente no período compreendido entre 7:30-13:45. Posteriormente, a temperatura ambiente se mantém constante e os fluxos diminuem.

### VIII.5.2 Características físico-químicas do solo na floresta

O solo na camada superficial (0-10 cm) da floresta, apresenta textura franco arenosa, pH ácido, baixa umidade, porosidade de 42,9 % e espaço poroso saturado de água (EPSA) de 19,05 % (tabela 34). Araújo et al., (2004), encontraram que o solo de mata nativa apresenta maior porosidade, como um indicativo de ambiente pouco perturbado e protegido da intempérie (sol, chuva e vento).

**Tabela 34.** Características físico-químicas do solo na floresta.

Parâmetros	Físicos		Químicos	
		Valor		Valor
Umidade (%)		6,02	Nitrogênio Total (%)	0,06
Textura		Franco arenoso	Carbono (%)	0,88
Porosidade Total (%)		42,91	Matéria Orgânica (%)	1,42
Macroporosidade (%)		21,7	C/N	15
Microporosidade (%)		21,22	Amônia (mg/kg)	5,14
Densidade do solo (kg/dm <sup>3</sup> )		1,36	Nitrato (mg/kg)	8,19
EPSA (%)		19,05	pH	4,80

Durante a decomposição da matéria orgânica no solo, o carbono disponível pode ter influenciado a rápida transformação do N. Este efeito que pode explicar o baixo teor de N (0,06 %), a baixa concentração de amônia (5,14 mg kg<sup>-1</sup>) e maior teor de nitrato (8,19 mg kg<sup>-1</sup>) (tabela 34).

Estas características podem indicar duas situações: Primeira, nos solos naturais o reciclo e entradas de pequenas quantidades de N (por deposição e/ou fixação biológica) aumentam a competição entre microrganismos e plantas, pelo N disponível (amônia e nitrato).

Segunda, a amônia esteja sendo oxidada rapidamente em nitrato e, portanto, nas condições ácidas do solo (pH 4,80), a produção de N<sub>2</sub>O pelos processos de nitrificação e

desnitrificação aconteceram por adaptação das comunidades microbianas a ambientes ácidos (Yamulki, 1997).

Não obstante, Haider et al., (1985 *apud* Yamulki, 1997) indicaram que a presença das plantas pode reduzir a desnitrificação por depleção do teor de N, e conseqüentemente na produção de N<sub>2</sub>O.

Diversos pesquisadores concordam que a desnitrificação é favorecida quando coincidem elevadas concentrações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, condições de anaerobioses e fonte de C orgânico disponível. Porém sob condições ácidas a desnitrificação deriva-se fundamentalmente à produção de N<sub>2</sub> mais do que à de N<sub>2</sub>O (Aulakh et al., 1992 *apud* Batallón et al., 1998).

### VIII.5.3 Variabilidade temporal dos fluxos de N<sub>2</sub>O na floresta

A variabilidade temporal dos fluxos de N<sub>2</sub>O nos cinco dias de avaliação no Remanescente do Bioma do Corredor Central de Mata Atlântica, nos períodos de menor e maior emissão se apresenta na tabela 35.

O período da tarde mostrou uma variabilidade dos fluxos deste gás levemente superior ao período da manhã, bem como apresentou incrementos das taxas de emissão duas vezes maiores (gráfico 23).

**Tabela 35.** Fluxos de N<sub>2</sub>O e temperaturas registradas nos períodos de maior e menor emissão na floresta.

Mata atlântica de transição					
Coleta	Horário	Fluxo ( $\mu\text{gN}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	Temperatura (°C)		Umidade (%)
			Ambiente	Solo 10cm profund.	
Dia 1	07:30	5,69	23,5	24,4	-
Dia 2		7,29	22,6	26,7	-
Dia 3		9,64	22,8	25,1	7,61
Dia 4		11,11	22,2	25,1	7,33
Dia 5		8,55	23,3	25,7	6,53
Dia 1	13:45	20,82	29,5	24,8	-
Dia 2		17,47	28,9	28,7	-
Dia 3		20,12	28,6	26,1	6,25
Dia 4		17,21	27,8	26,0	7,03
Dia 5		13,71	28,8	27,0	6,49

Teores médios de umidade no solo apresentaram redução de um período para outro, 7,16% na manhã a 6,59% na tarde, tal como se pode observar na tabela 35.

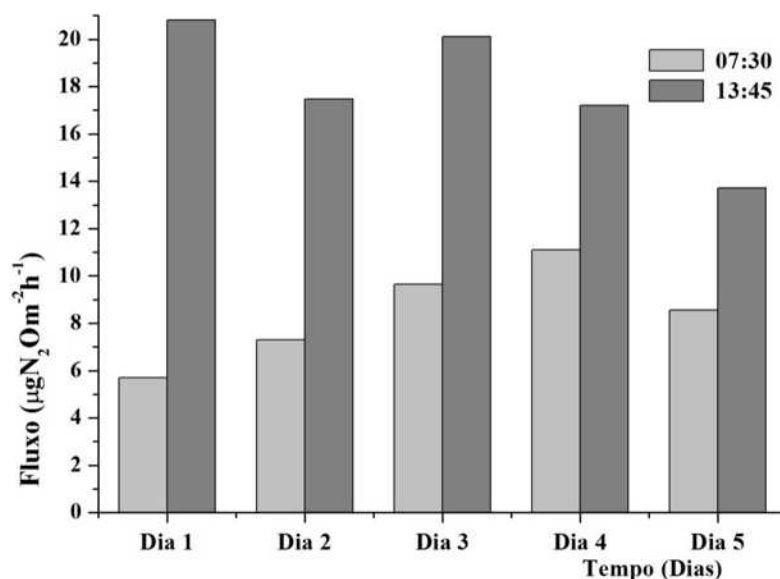
A variação da umidade no solo pode ser explicada pelo grande incremento das temperaturas do ambiente, que favorece a perda gradativa de água na camada superficial do solo por evaporação e consumo das plantas.

O fluxo médio na floresta foi de  $10,47 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ , com fluxo máximo de  $17,87 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  e mínimo de  $8,46 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  (tabela 36).

**Tabela 36.** Emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  na floresta (variabilidade temporal).

<b>Emissão</b> ( $\mu\text{gN}_2\text{Om}^{-2}\text{h}^{-1}$ )	<b>Remanescente do corredor</b> <b>central de mata atlântica</b>
Média	10,45
Mínimo	8,46
Máximo	17,87

A variabilidade temporal das emissões diárias de  $\text{N}_2\text{O}$  durante o período avaliado foi relativamente pequena, no dia 4 se registrou o fluxo mais alto no período da manhã ( $11,11 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ). No período da tarde, o valor máximo de fluxo foi registrado no primeiro dia ( $20,82 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) (gráfico 23).



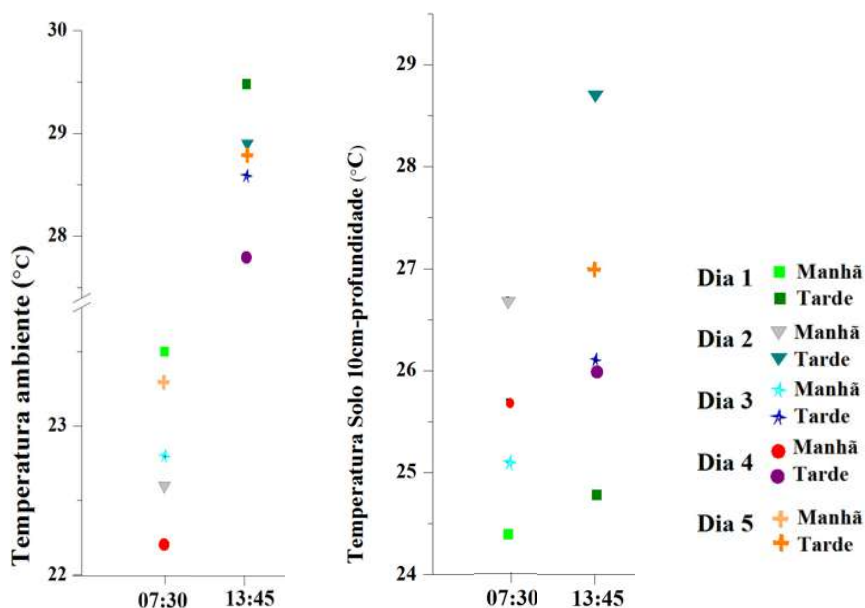
**Gráfico 23.** Fluxos diários de  $\text{N}_2\text{O}$  nos períodos de menor e maior emissão, na floresta.

No gráfico 24 se observam os perfis das temperaturas ambiente e do solo. A temperatura ambiente teve uma variação de cerca de 1 °C durante os 5 dias de avaliação no período de 07:30; com registros mínimo de 22,2 °C e máximo de 23,5 °C.

No período de maior emissão (13:45) a variação foi de aproximadamente 2 °C; a temperatura mínima registrada foi de 27,8 e máxima de 29,5 °C.

A temperatura no solo registrou variação de mais ou menos 3 °C na manhã, com temperatura mínima de 24,4 °C e máxima de 26,7 °C. No período da tarde a variação foi maior, aproximadamente 4 °C; com mínima de 24,8 °C e máxima de 28,7 °C.

No primeiro dia, registrou-se a menor temperatura do solo em relação aos valores obtidos nos outros 4 dias de observação (gráfico 24).



**Gráfico 24.** Perfil das temperaturas durante os períodos de menor e maior emissão de N<sub>2</sub>O, na floresta

#### VIII.5.4 Análises estatísticas

A tabela 37 apresenta os dados estatísticos obtidos para o estudo da variabilidade temporal no remanescente do corredor central de mata atlântica. Os conjuntos de dados do fluxo de N<sub>2</sub>O, temperatura do solo e umidade apresentaram distribuição normal ao nível de significância de 5 %. Enquanto que, a temperatura ambiente não mostrou distribuição normal ( $p = 0,0142$ )



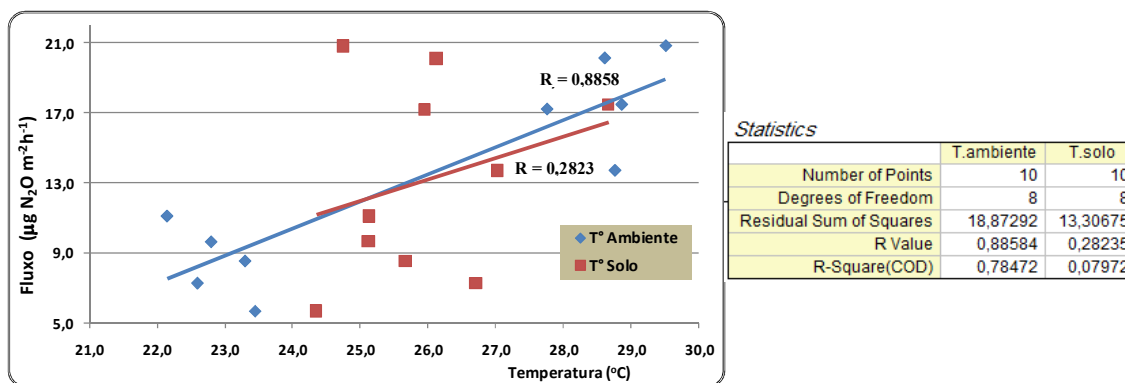
Tabela 37. Análises estatísticas na floresta

Variáveis	Floresta			
	Fluxo	Temperatura (°C)		Umidade
		Ambiente	Solo 10cm profund.	
n	22	22	22	12
Mínimo	4,13	22,2	24,4	5,54
Máximo	26,27	28,9	28,7	7,61
IC 95%	10,65-15,91	24,3-26,9	25,4-26,3	6,44-7,28
<sup>1</sup> p <W	0,4322	0,0142	0,5384	0,5879
Correlação Pearson	1,000	0,8858	0,2823	-0,4828
*p-valor	--	6,459E-4	0,4292	0,3319

<sup>1</sup> p <W corresponde ao teste de Shapiro-Wilk para estabelecer a normalidade dos dados, regra de decisão  $p > 0,05$  aceita-se que os dados apresentam distribuição normal.

<sup>2</sup>Correlação de Pearson; regra de decisão  $p$ -valor < 0,05 aceita-se que existe correlação ao nível de significância 5 %.

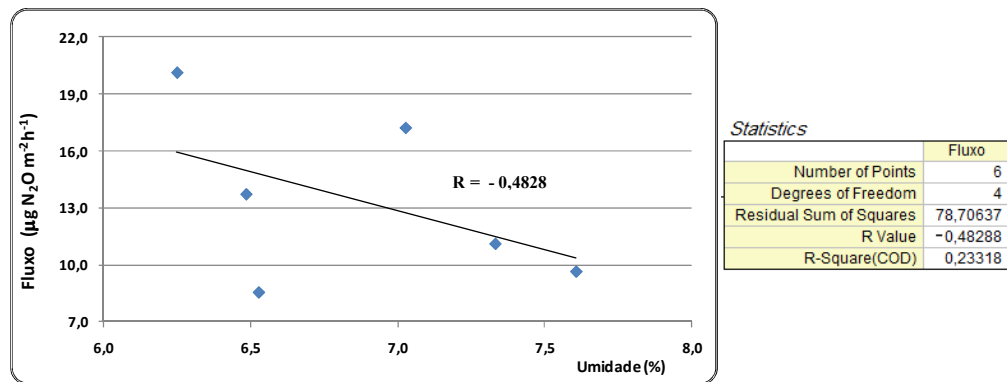
Análises de correlação entre o fluxo de N<sub>2</sub>O e a temperatura ambiente mostrou associação positiva e moderada ( $r = 0,8858$   $p = 6,459E-4$ ). A correlação do fluxo com a temperatura do solo foi positiva fraca ( $r = 0,2823$   $p = 0,4292$ ), mas não foi estatisticamente significativa (gráfico 25). Indicando que 88% das variações na taxa de emissão de N<sub>2</sub>O podem ser explicadas pela temperatura ambiente na floresta.

Gráfico 25. Correlação fluxo de N<sub>2</sub>O, temperatura ambiente e do solo, na floresta.

A associação entre fluxos de N<sub>2</sub>O e umidade do solo, como se mostra no gráfico 26, foi negativa fraca e sem significância estatística ( $r = -0,4828$   $p = 0,3319$ ).

Em estudo realizado na mata atlântica na floresta da Serra do Mar em época de inverno; não se encontrou correlação entre o fluxo de N<sub>2</sub>O e a temperatura do solo ( $r =$

0,1761) e correlação fraca com a umidade do solo ( $r$  0,6708). Os valores de umidade foram de 107,7 e 112,0% (Neto, 2007).



**Gráfico 26.** Correlação fluxo de  $N_2O$  vs umidade do solo, na floresta.

## VII.6 Comparação da Emissão de N<sub>2</sub>O das Áreas Avaliadas

As taxas médias de emissão de N<sub>2</sub>O determinadas em cada uma das áreas avaliadas, no período de verão (novembro-dezembro de 2009) se observam no quadro 2.

Note-se que a emissão de N<sub>2</sub>O estimada no remanescente do bioma Corredor Central de Mata Atlântica foi maior, com valor de fluxo de 10,45 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, seguido pela emissão média na cultura de aipim de 7,60 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.

**Quadro 2.** Comparação das emissões de N<sub>2</sub>O, segundo o uso do solo das áreas avaliadas.

Dia	Mata atlântica			Cultura de subsistência: Aipim						
	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )			Fileira			Entrelinha			Cultura
				Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )						
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	Média
1	5,69	20,82	9,06	2,39	19,89	6,12	6,93	16,07	8,61	6,74
2	7,29	17,47	9,49	4,44	16,23	6,86	11,96	19,9	13,20	8,44
3	9,64	20,12	11,86	6,7	21,44	9,69	5,91	33,46	11,54	10,15
4	11,11	17,21	12,29	5,63	10,26	6,45	8,70	10,84	8,83	7,05
5	8,55	13,71	9,57	5,50	8,87	6,05	2,04	13,27	4,35	5,63
<b>Média</b>	<b>10,45</b>			7,04			9,31			<b>7,60</b>

Culturas oleaginosas																
Dia	Mamona							Girassol								
	Fileira			Entrelinha				Área da plantação	Fileira			Entrelinha				Cultura
	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )								Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )							
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Média		
1	4,01	13,22	5,62	4,91	16,2	6,92	6,34	1,84	10,60	3,82	0,33	12,36	2,53	3,23		
2	3,68	10,71	4,88	4,5	10,46	5,47	5,20	6,98	8,61	7,22	2,41	11,34	3,91	5,71		
3	5,26	13,79	6,67	12,57	19,78	13,38	10,40	7,75	9,91	8,09	4,26	9,52	4,96	6,67		
4	6,84	11,66	7,43	4,96	9,56	5,63	6,43	4,98	14,02	6,96	3,02	10,49	4,21	5,71		
<b>Média</b>	6,15			7,85				<b>7,09</b>	6,52			3,90				<b>5,33</b>

Na plantação de mamona, se encontrou uma taxa média de 7,09 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Não obstante, deve-se considerar que a estimativa desta emissão corresponde a mensurações realizadas em 53 % da unidade de referência de estudo da parcela experimental de mamona (figura 22). Deste modo, o balanço global de emissão de N<sub>2</sub>O

para a cultura de mamona inclui uma incerteza. A cultura de girassol apresentou a menor emissão, com valor médio de  $5,33 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  (quadro 2).

Os fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$  foram influenciados possivelmente pelas propriedades do solo, práticas de manejo e pela estação seca. Não posso ser avaliada a influência direta do uso dos fertilizantes nitrogenados nas emissões deste gás, nas culturas oleaginosas.

Devido que, no tempo em que foram realizadas as medições em relação à época de fertilização já tinha acontecida. Por exemplo, na cultura de girassol a última adubação ocorreu um mês antes, na cultura de mamona foi com antecedência de cinco meses.

Portanto, os resultados dos fluxos nestas culturas, não representam um seguimento imediatamente posterior à fertilização.

Entretanto, a planta de girassol é considerada grande extratora de nitrogênio, fósforo e potássio do solo, inclusive em camadas mais profundas do solo, incorporando-os no fruto e demais estruturas vegetais (folhas, caule, capítulos etc.). O que pode ser outro fator chave na baixa emissão registrada nesta cultura (Carvalho et al., 2007).

Para determinar se os valores médios dos fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$  diferem entre as áreas avaliadas. Realizou-se a comparação múltipla entre médias utilizando o Teste Tukey com nível de significância de 5%.

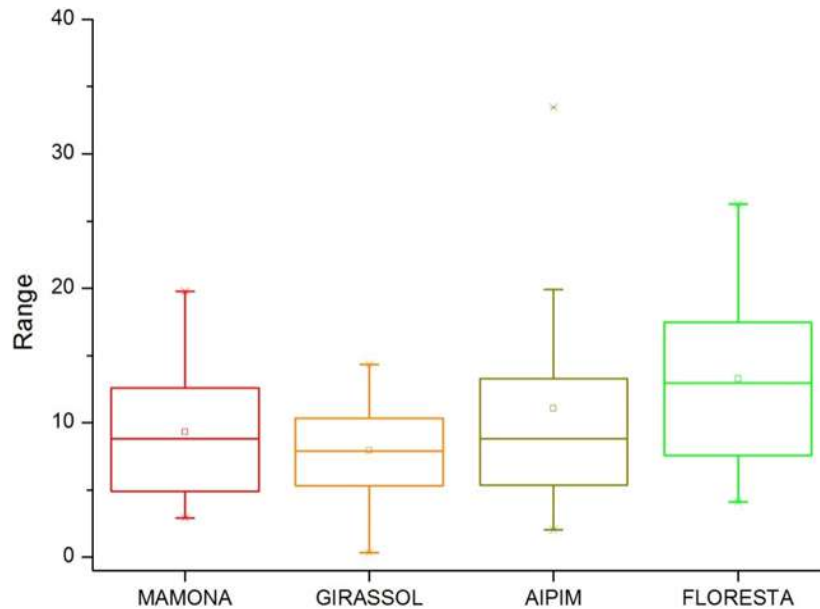
Neste caso, utilizou-se como regra de decisão  $p < 0,05$  para estabelecer que não exista igualdade entre as médias (tabela 38).

**Tabela 38.** Análise de Tukey para a comparação das médias dos fluxos das áreas avaliadas.

Tukey 5%	Áreas de comparação					
	Girassol Mamona	Aipim Mamona	Aipim Girassol	Floresta Mamona	Floresta Girassol	Floresta Aipim
Mean Diff	-1,3824	1,7707	3,1531	3,9873	5,3698	2,2166
<i>p</i> -value	0,8550	0,7367	0,2708	0,1056	0,01373	0,5781
$\alpha$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sig	0	0	0	0	1	0

Determinou-se que não existe diferença significativa entre os fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$  para os seguintes pares de comparações: girassol-mamona ( $p=0,8550$ ), aipim-mamona

( $p=0,7367$ ), floresta-aipim ( $p=0,5781$ ), aipim-girassol ( $p=0,2707$ ) e floresta-mamona ( $p=0,1056$ ). Além, de que todas estas comparações apresentaram significância igual a 0 (tabela 38 e gráfico 27).



**Gráfico 27.** Comparação das médias dos fluxos de  $N_2O$  nas áreas avaliadas.

A comparação dos fluxos médios entre floresta-girassol, mostrou diferença estatística significativa ( $p=0,01373$ ), como se pode visualizar no gráfico 27.

### VIII.7 Avaliação da Contribuição Estadual e Nacional nas Emissões de N<sub>2</sub>O.

A partir dos cálculos de emissão de N<sub>2</sub>O obtidos em cada área avaliada neste trabalho, foram estimadas as contribuições globais, estadual e nacional, expressa em kg N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e CO<sub>2</sub>-equivalentes ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Utilizando como referência, os dados de áreas agrícolas do estado da Bahia e Nacional de 2008 (tabela 39).

**Tabela 39.** Estimativa da emissão de N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>-equivalente no estado da Bahia e Nacional.

Cultura	Área cultivada (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg/ha)	Biodiesel (l/t mat. prima)	Emissão		CO <sub>2</sub> -equivalente (TgCO <sub>2</sub> -eq)
					kgN <sub>2</sub> Oha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	GgN <sub>2</sub> Oha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	
<b>Mamona</b>					0,62	6,20x10 <sup>-7</sup>	
Bahia	122879	98706	803	540-720	76714,73	0,077	0,024
Brasil	162700	123400	758		101575,42	0,102	0,032
<b>Girassol</b>					0,47	4,70 x10 <sup>-7</sup>	
Bahia	1240	999	806	400-672	581,24	0,0006	0,0002
Brasil	113900	156900	130		53389,71	0,053	0,017
<b>Aipim</b>					0,67	6,70 x10 <sup>-7</sup>	
Bahia	392055	275017	12950		262206,38	0,262	0,081
Brasil	1882500	26598600	14010		1259016,00	1,259	0,390
<b>Rem.Mata atlântica</b>					0,92	9,20 x10 <sup>-7</sup>	
Brasil	4662500				4288287,78	4,288	1,330

Fonte: Cadernos NAE, (2005); Petrobras; Parente, Expedito José de Sá-Tecbio, Fortaleza, (2003) *apud* SEAGRI, (2006); EMBRAPA, (2008); Epagri – CEPA (2008); IBGE (2008); Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação, (2009); Portela, (2010).

O estado da Bahia abrangeu uma área cultivada de mamona de 122.879 ha, produzindo 98706 t de matéria prima, o que representa uma produtividade de 803 kg ha<sup>-1</sup>. Os dados da tabela 39, demonstram que a conversão do óleo de mamona a biodiesel apresenta um rendimento de 540-720 L t<sup>-1</sup> de matéria prima.

A estimativa da contribuição de N<sub>2</sub>O, em relação à cultura de mamona no balanço estadual de GEEs, mostra uma produção de aproximadamente 0,077 Gg N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, correspondente a 0,024 Tg CO<sub>2</sub>-eqha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Em nível Nacional, a área plantada de mamona foi de 162.700 ha, com produção de 123.400 t de matéria prima. De acordo com os cálculos no balanço Nacional da tabela 39, o aporte foi de 0,102 Gg N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, o que corresponde a 0,032 Tg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

A plantação de girassol atingiu na Bahia, uma área de 1.240 ha, com produção de 999 t e rendimento de  $806 \text{ kg h}^{-1}$ , em 2008. A transformação do óleo de girassol em biodiesel está calculada, na faixa de  $400\text{-}672 \text{ L t}^{-1}$  de matéria prima (NAE, 2005; Petrobras; Parente, Expedito José de Sá-Tecbio, Fortaleza, 2003 *apud* SEAGRI, 2006; SEAGRI-Ba, 2009; Portela, 2010).

A estimativa de emissão no balanço Estadual foi de  $0,0006 \text{ Gg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  ( $0,0002 \text{ Tg CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ )

No território Nacional, acultura de girassol ocupou 113.900 ha obtendo uma produção de 156.900 t (Cadernos NAE, 2005; IBGE 2008; SEAGRI-Ba, 2009).

A participação na emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  no balanço Nacional foi de  $0,053 \text{ Gg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  ( $0,017 \text{ Tg CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).

A área cultivada de aipim no estado da Bahia foi de 392.055 ha e produção de 275.017 t de raízes frescas, com produtividade de  $12.950 \text{ kg ha}^{-1}$ .

O Brasil apresentou uma área colhida de cerca de 1.882.500 ha obtendo uma produção de 26.598.600 t de raízes o representou uma produtividade de  $14010 \text{ kg ha}^{-1}$ , em 2008 (EMBRAPA, 2008; Epagri - CEPA 2008).

As contribuições calculadas a partir das plantações de aipim, foram mais significativas; na Bahia, a emissão foi estimada em  $0,262 \text{ Gg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , o aporte Nacional em  $0,390 \text{ Tg CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ; correspondentes a 0,081 e  $0,390 \text{ Tg CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente.

Baseado no Ibio, (2010) os remanescentes do Bioma Corredor Central de Mata Atlântica no Brasil ocupam unicamente uma área aproximada de 4.662.500 ha. Localizados no baixo sul e extremo sul do Bahia e no Espírito Santo.

A estimativa da contribuição Nacional de emissão, a partir desta fonte natural tropical foi de  $4,288 \text{ Gg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , o que corresponde a  $1,330 \text{ Tg CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

De acordo com essas estimativas de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$ , em função das áreas plantadas na Bahia e total Nacional, para o ano 2008. Observa-se que a contribuição deste gás a partir da cultura de girassol foi menor, a cultura de mamona na ordem Nacional se torna relativamente significativa.

A cultura de aipim se constitui em uma fonte importante, que participa expressivamente nas emissões de  $N_2O$ , embora seja uma cultura milenar e predominantemente familiar.

O remanescente do Bioma Corredor Central de Mata Atlântica do País, se configura como o maior contribuidor de emissões deste gás, no balanço global Nacional.

Contudo, destaca-se que, as emissões de  $N_2O$  determinadas nas quatro áreas, são relativamente baixas, influenciadas pelas condições climáticas do período de coleta, estação seca. As emissões poderiam ser significativamente maiores quando o balanço considere as emissões no período de chuvas e abrange os períodos durante e após da fertilização.



### VIII.8 Reflectância dos Solos

Os fatores atmosféricos, a qualidade da radiação solar e a intensidade, favorecem a variação espacial e temporal da radiação solar. Essa variação também pode ser afetada pela topografia e altura no dossel em comunidades florestais (Pillar, 1995).

A topografia, relevo e exposição solar do local, são mais acentuados para a temperatura do que para a luminosidade.

A maior parte da luz que penetra através do dossel é representada por raios diretos ou luz difusa, e a menor parte é representada pela luz transmitida pelas folhas. As folhas, em geral, transmitem de 10-20 % da luz incidente, sendo absorvida seletivamente (Larcher, 1986 *apud* Pillar, 1995).

O balanço de radiação é variável ao longo do dia e do ano. A variação diária está em função da trajetória do sol e a variação anual se apresenta em função da declinação solar. Durante o dia o balanço de radiação é positivo, ocorrendo aquecimento do solo e da vegetação. O calor da superfície do solo e da vegetação será dissipado por:

1. Emissão de radiação de onda longa, infravermelha.
2. Aquecimento por condução da camada de ar próxima às superfícies e transferência de calor por convecção.
3. Fluxo de calor para camadas mais profundas do solo.
1. Fluxo de calor latente através da evaporação e evapotranspiração.

A energia absorvida pelas plantas através da fotossíntese é geralmente insignificante (1 %) em relação ao total da radiação incidente, sendo desprezada dos balanços de radiação (Afubra, 1999; Dias da Silveira & Freitas, 2007).

**Temperatura do solo:** A temperatura do solo afeta a evaporação e indiretamente afeta as condições hídricas. A cor do solo afeta a quantidade de radiação absorvida. Solos de cor clara absorvem menos do que solos escuros. Pelo mesmo motivo, superfícies recém queimadas absorvem mais radiação solar (Pillar, 1995; Afubra, 1999; Dias da Silveira & Freitas, 2007).

O fluxo de calor no solo se dá por condução; por ser um fluxo lento, com o aumento da profundidade do solo há um retardamento progressivo dos momentos de ocorrência de temperaturas extremas. Fatores como textura, conteúdo de água e de matéria orgânica afetam as propriedades térmicas do solo (Pillar, 1995; EPAMIG, 2009).

Quanto mais úmido o solo, mais lento é o fluxo de calor, porque o calor específico da água é maior do que o dos minerais do solo.

Solos arenosos, por terem menor capacidade calorífica, menor condutividade térmica e menor resfriamento por evaporação, se aquecem mais em uma tarde de verão do que os solos argilosos.

No topo do dossel, a radiação absorvida pela planta e que não é usada na fotossíntese é dissipada através da emissão de reirradiação de onda longa, da transpiração e da convecção. Se não houvesse dissipação de calor a temperatura das folhas atingiria níveis muito elevados para as suas funções normais (Tilman, 1988 *apud* Pillar, 1995).

- **Parâmetros que Influenciam a Reflectância dos Solos**

Diversos são os parâmetros do solo que influenciam na radiação refletida pela superfície. A literatura cita como mais importantes os óxidos de ferro, a umidade, a matéria orgânica, a granulometria, a mineralogia da argila e o material de origem (EPAMIG, 2009).

Além desses fatores, têm sido citados a cor do solo, a capacidade de troca catiônica, as condições de drenagem interna do solo, a temperatura, a localização, etc.

A rigor, a quantidade de energia refletida por um determinado tipo de solo é função de todos esses fatores que, conjuntamente, se encontram no solo. Em determinadas condições a influência de um parâmetro, na energia refletida pelo solo, sobrepuja a dos outros, resultando, assim, em um espectro característico daquele parâmetro.

**Os óxidos de ferro;** dependendo do tipo e da quantidade relativa, influenciam a cor dos solos. Por exemplo, solos que contêm quantidades apreciáveis de ilmenita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ ) apresentam coloração amarelo-clara, porque é a cor manifestada pela ilmenita.

Solos ricos em hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) são de coloração vermelha, por causa da cor da hematita.

No contexto da refletância dos solos, os óxidos de ferro absorvem bastante a energia eletromagnética da região do infravermelho. A quantidade de energia absorvida pelos solos depende da quantidade do óxido de ferro.

Assim, para solos contendo maiores teores de óxidos de ferro, como os Latossolos Ferríferos e os Latossolos Roxos, os espectros de energia refletida, principalmente, na região do infravermelho próximo, são bastante atenuados em razão da presença do óxido de ferro, que sobrepuja as influências dos demais parâmetros do solo.

**Matéria orgânica:** A composição e o conteúdo de matéria orgânica no solo são reconhecidamente fatores de forte influência sobre a reflectância dos solos. À medida que o teor de matéria orgânica aumenta, a reflectância do solo decresce (Hoffer e Johannsen, 1969 *apud* EPAMIG, 2009).

Segundo Baumgardner et al., (1970 *apud* EPAMIG, 2009) quando o teor de matéria orgânica no solo excede a 2 %, ela desempenha um papel importante na determinação das propriedades espectrais do solo. Quando o teor é menor que 2 %, outros constituintes do solo passam a ser mais influentes no comportamento espectral do solo do que a matéria orgânica.

Al-Abbas et al., (1972 *apud* EPAMIG, 2009) comentaram que os efeitos de diminuição da reflectância do solo pelo aumento do teor de matéria orgânica podem estar associados também ao teor de argila. Uma vez que deve existir uma boa correlação entre os teores de argila e de matéria orgânica nos solos.

**Umidade do solo:** No solo molhado a sua coloração torna-se mais escura. Ocorre aumento na absorção da radiação eletromagnética devido à presença da água, fazendo com que a reflectância do solo decresça na região do visível e do infravermelho próximo ao espectro eletromagnético, quando comparado ao seu estado seco.

Solos úmidos, em geral, apresentam uma reflectância menor que os secos (Hoffer & Johannsen, 1969 *apud* EPAMIG, 2009).

**Solos agrícolas e preparo do solo:** Durante o preparado do solo para plantio, principalmente no período de aração, é comum a formação de torrões. Este fato gera sobre o solo certa rugosidade do terreno, o que se pressupõe interferir na reflectância do mesmo. Essa rugosidade pode causar efeitos tanto de espalhamento como de sombreamento.

Johannsen, (1969 *apud* EPAMIG, 2009) observou que os efeitos da rugosidade superficial de um alfisol arenoso (composto de alumínio e ferro) na reflectância espectral, sobrepujavam aqueles devidos à umidade do solo.

Além da rugosidade, a prática de aração quebra a estrutura superficial do solo que, segundo Obukhov & Orlov, (1964 *apud* EPAMIG, 2009) aumenta de 15-20 % a reflectância dos solos em relação àqueles com estrutura bem definida.

A formação de crostas superficiais (adensamento do solo) em áreas desnudas influencia o comportamento de absorção ou de reflectância da radiação solar.

A formação de crosta faz com que solos úmidos apresentem um comportamento espectral de solo seco. Segundo Cipra et al., (1971 *apud* EPAMIG, 2009) solos com presença de crosta apresentam maiores valores de reflectância em relação àqueles cujas crostas foram desfeitas.

Na tabela 40 se observam as variações das temperaturas médias mínimas e máximas durante a ocorrência do estudo da variabilidade diurna dos fluxos de  $N_2O$ , realizado de 06:00 até 18:00. No horário de 06:00 a temperatura média ambiente mínima foi registrada em torno de 22 °C e ao finalizar o período diurno aumentou a aproximadamente 30 °C. Acontecendo de forma similar nas quatro áreas estudadas.

Não obstante, no remanescente de mata atlântica apresentou a mesma variação na temperatura ambiente observada nas áreas agrícolas. Embora, esta pequena reserva natural, extensão 1,2 ha, gere microclima que a isola da radiação solar incidente.

A temperatura ambiente pode estar sendo ligeiramente influenciada pelos ventos aquecidos, pela dissipação e transferência de calor da superfície do solo, ocorridas em áreas próximas, de escassa cobertura vegetal.

**Tabela 40.** Temperaturas médias máximas e mínimas registradas durante o estudo da variabilidade diurna, nas culturas avaliadas.

Cultura	Subáreas	Horário	Temperatura (°C)			
			Fileira		Entrelinha	
			Ambiente	Solo	Ambiente	Solo
Mamona		06:00	20,0	37,8	23,2	31,5
		17:55	30,0	38,8	30,2	37,8
Girassol		06:00	23,2	31,1	23,2	28,9
		17:55	30,2	34,5	30,2	34,1
Aipim		06:00	21,3	29,0	21,2	28,2
		17:55	30,7	37,9	31,1	34,6
Floresta		06:00	22,6	25,5		
		17:55	31,7	26,3		

A temperatura média mínima do solo registrada nas áreas agrícolas, foi de aproximadamente 31,1 °C às 06:00. E temperatura máxima ao finalizar o período diurno, 18:00, foi de cerca de 36,3 °C (tabela 40).

Contudo, na floresta a temperatura mínima média do solo registrada foi de 25,5 °C na manhã e máxima de 26,3 °C pela tarde.

Observou-se que a temperatura do solo aumentou em média de 5,2 °C no horário de 6:00-16:00, conservando-se constante por várias horas, enquanto o calor do solo é dissipado. Fato completamente anulado na área de floresta.

Os solos nas áreas avaliadas apresentam coloração amarelo-clara. Foi identificada a formação de crosta (adensamento) no solo das áreas agrícolas. Predominantemente nas entrelinhas, onde se apresentaram maiores valores de densidade, em relação à densidade do solo na floresta. Contudo, os solos nas fileiras também mostraram ligeiro adensamento (tabela 41).

**Tabela 41.** Densidade do solo das áreas avaliadas.

Cultura	Mamona		Girassol		Aipim		Floresta	
	Subárea	Fileira	Entrelinha	Fileira	Entrelinha	Fileira		Entrelinha
Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		1,39	1,59	1,60	1,65	1,44	1,63	1,36

De acordo com o mencionado anteriormente, as características do solo nas áreas avaliadas podem estar influenciando o sinergismo entre: a elevada refletância da radiação solar incidente, a formação de crosta superficial e a baixa absorção da radiação solar e infravermelha (energia térmica). Este sinergismo aumenta a emissão de radiação de onda longa (infravermelha) e dissipa fluxos de calor progressivamente do solo para o ambiente.

Na tabela 42, se apresenta as taxas de emissão de  $N_2O$  obtidas em diferentes pesquisas realizadas em diversos países. Observa-se que as maiores emissões se encontraram em culturas de girassol, trigo, milho e batata na Alemanha, em florestas da Venezuela e feijão no Brasil. Os resultados obtidos neste trabalho apresentam-se destacados em negrito, segundo a ordem do uso do solo nas pesquisas; os valores de fluxo de  $N_2O$  calculados concordam com os valores encontrados na literatura.

**Tabela 42.** Relação das emissões de N<sub>2</sub>O em diversos países de acordo com o uso do solo.

Cultura	Fertilização	Fluxo (kgN <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Localidade	Referência
Floresta	---	7,89	Venezuela	Donoso, 1993
Floresta	---	1,99	Mayombo (Kongo)	Serca, 1994
Floresta	---	0,75	Costa Rica (La Selva)	Keller, 1994
Floresta	---	0,34	Brasil (Oriente da Amazônia)	Verchot, 1999
Floresta	---	0,66	Brasil (Fazenda Vitoria – Pará)	Cattannio, 2002
Floresta	---	1,83	Austrália (Bellenden Ker)	Kiese (2002)
Floresta	---	0,64-0,79	Áustria (SW)	Kitzler, 2006
<b>Floresta</b>	<b>Solo tropical</b>	<b>0,92</b>	<b>Brasil - Cruz das Almas,</b> remanescente do corredor central de mata atlântica.	<b>Neste estudo</b>
Girassol	Adubo	9,4	Alemanha	Flessa, 1995
<b>Girassol</b>	<b>Uréia 30 kg/ha</b>	<b>0,47</b>	<b>Brasil - Cruz das Almas</b>	<b>Neste estudo</b>
Trigo	Nitrato de amônio 30 kg ha <sup>-1</sup> Uréia 160 kg ha <sup>-1</sup>	9,6	Alemanha	Flessa, 1995
Pastagens	Nenhuma	0.15	USA	Mosier, 1996
Gramado- prado	Uréia 360 kg ha <sup>-1</sup>	1.6 – 5.2	Escócia	Clayton, 1997
Beterraba doce	---	3,5	Alemanha	Kaiser, 1998
Milho	Adubo	5,3	Alemanha	Mogge, 1999
Aipim	---	0,010	Indonésia	Hadi, 2000
Batata	(Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) 75 kg ha <sup>-1</sup>	4,03 <sup>Δ</sup> 6,77 <sup>*</sup>	Alemanha	Flessa, 2002
Feijão	Sulfato de amônio 32gN/parcela	3,5-78,1	Brasil (UNITAU-SP)	Gonçalves, 2002
Feijão	Uréia 20 kg ha <sup>-1</sup>	1,77	Brasil - Embrapa Arroz e Feijão	Madari, 2007
Feijão	Uréia 20 kg ha <sup>-1</sup>	1,10 <sup>(d)</sup> 0,46 <sup>(e)</sup>	Brasil - Embrapa Arroz e Feijão	Melo, 2008
Cevada	---	1,5-7,5	Finlândia	Syväsalo E, 2004
Soja (inoculada)	Uréia 30 kg ha <sup>-1</sup>	1,32 <sup>(a)</sup>	Argentina	Ciampitti, 2005
Arroz	Sulfato de amônio 0,3gNkg <sup>-1</sup> solo	1,07-5,2 <sup>(b)</sup> 0,46-3,9 <sup>(c)</sup>	China	Shuhui, 2007
Ervilha	Uréia 100 kg ha <sup>-1</sup>	0.71	Canadá (semi-árido)	Dusenbury, 2008
Mamona	Resíduo cultural de aveia e uréia	0,31-0,64	Brasil UFMS	Santos, 2009
<b>Mamona</b>	<b>Uréia 100 kg/ha</b>	<b>0,62</b>	<b>Brasil - Cruz das Almas</b>	<b>Neste estudo</b>
<b>Aipim</b>	<b>Sem adubação</b>	<b>0,67</b>	<b>Brasil-Cruz das Almas</b>	<b>Neste estudo</b>

\* <sup>Δ</sup> Área compactada <sup>Δ</sup> área não compactada. <sup>a)</sup> O estudo faz unicamente referência à máxima emissão obtida num dia. <sup>b)</sup> arroz alagado <sup>c)</sup> arroz com irrigação intermitente. <sup>(d)</sup> (com palhada) <sup>(e)</sup> (sem palhada) As unidades foram modificadas em alguns casos para obter as mesmas unidades do presente estudo. A tabela mostra valores na maioria de estudos em época seca.

## IX. CONCLUSÕES

A previsão da expansão de culturas oleaginosas, no território brasileiro, e a geração de informação técnico-científica relevante, no avanço de inventários de emissões de  $N_2O$ , no setor de agronegócio são fundamentais para dimensionar cenários futuros e medidas mitigadoras.

Esta pesquisa configura-se como uma avaliação preliminar do impacto ambiental da indústria do agrodiesel. Partindo de monoculturas intensivas destinadas à produção de matéria prima para biodiesel (mamona e girassol) em termos de emissões de óxido nitroso e mudanças climáticas. A partir dos resultados encontrados pode-se concluir que:

A implementação do método de câmara estática foi adequado para a coleta *in situ* do gás  $N_2O$ , pois apresentou limite de detecção e quantificação de 29,9 e 99,8 ppbv. Sendo que a concentração média baixa nos ambientes avaliados foi de 189,70 ppbv.

Observou-se nas áreas agrícolas e floresta, aumentos nos fluxos de  $N_2O$  em função do aumento da temperatura ambiente e do solo nos horários de 06:00-13:45, apresentando-se os maiores valores de fluxo. Ao finalizar o período diurno as temperaturas permaneceram constantes e os fluxos diminuíram até valores similares aos encontrados pela manhã. Identificando, desta forma, uma tendência padrão em todas as áreas avaliadas.

Embora o estudo apresentado não contemple o ciclo sazonal completo. As maiores taxas de emissão de  $N_2O$  foram observadas no Remanescente do Corredor Central de Mata Atlântica.

Este estudo apresenta, pela primeira vez, a avaliação da contribuição de emissão de gases do efeito estufa, em cultura de aipim. Desenvolvida em sistema de produção familiar, que surpreendentemente apresentou fluxos de  $N_2O$  elevados.

Entre as culturas oleaginosas, a mamona apresentou maior emissão de fluxo de  $N_2O$  em relação à cultura de girassol. Não obstante, a estimativa realizada na mamona



inclui incerteza, devido a não ter sido realizada a medição em 47% da unidade de referência na cultura, denominada subárea não compactada da entrelinha.

Nas áreas agrícolas, foram observadas maiores emissões de  $N_2O$  nas zonas compactadas da entrelinha do que naquelas não compactadas (fileiras).

Não houve diferenças estatisticamente significativas ao nível de 5% entre os fluxos médios de  $N_2O$  quando comparadas a floresta, aipim e mamona, com exceção da comparação entre a floresta e girassol.

Os valores de emissão de  $N_2O$  encontradas neste estudo, desenvolvido na época seca, concordam com resultados de pesquisas realizadas em diversos países.

Práticas agrícolas podem estar possivelmente relacionadas com a maior emissão de calor à atmosfera, em comparação, à nula contribuição de calor observada nos solo da floresta.

A contribuição de  $N_2O$  para o aquecimento global é baixa, a partir das culturas oleaginosas avaliadas em período seco, mitigando o aceleração das consequências negativas do aquecimento global sobre a saúde humana e as dinâmicas dos ecossistemas na terra.

## **X. RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se para trabalhos futuros, utilizar maior número de câmaras estáticas e campos maiores que permitam maior variabilidade espacial das áreas de lavoura. Considerando períodos de coleta com a abrangência de estações chuvosa e seca.

Assim como é necessário o acompanhamento do ciclo agrícola, períodos de fertilização, monitoramento mais frequentes das características físico-químicas do solo, que orientem uma maior compreensão das complexas interações que influenciam a gênese do gás  $N_2O$  no solo.

## XI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abao EB, Bronson KF, Wassmann R, Singh U. Simultaneous records of methane and nitrous oxide emissions in rice-based cropping systems under rainfed conditions. *Nutrition Cycle Agroecosystem*, 58: 131-139, 2000.

Aber JD. Nitrogen cycling and nitrogen saturation in temperate forest ecosystems. *Trends Ecological Evolution*, 7: 220-223, 1992.

Adhya TK, Mishra SR, Rath AK, Bharati K, Mohanty SR, Ramakrishnan B, Rao VR, Sethunathan N. Methane efflux from ricebased cropping system under humid tropical conditions of eastern India. *Agricultural Ecosystem Environment*, 79: 85-90, 2000.

\_\_\_\_\_. Impact of N-fertilizers on greenhouse gas emission in rice ecosystems. Central Rice Research Institute: Cuttack- India. 11p., 2002.

Afubra, Associação dos Fumicultores do Brasil. A floresta e o solo. Afubra. 3 vol., 33p., 1999.

Almeida NH, Hoff NM, Kaminski M. Esterificação e transesterificação etílica do óleo de soja degomado: Biodiesel. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Curitiba, 26-29 de setembro, 2004.

ANDA, Associação Nacional para Difusão de Adubos. Lopes AS, Guilherme LRG, Pereira da Silva CA. Vocação da Terra. São Paulo, SP - Brasil, 23p., 2003.

Araújo MA, Tormena, CA, Silva, AP. Propriedades físicas de um Latossolo vermelho distrofico cultivado e sob mata nativa. *R. Bras. Ci. Solo*, 28: 337-345, 2004.

Araujo P. A utilização de alguns testes estatísticos para análise da variabilidade do preço do mel nos municípios de Angra dos Resis e Mangaratiba - Estado do Rio de Janeiro. Monografia para obtenção do grau e Licenciado e Bacharel em Matemática. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ., 2008.

Atlas RM, Bartha R. Ecología microbiana y Microbiología ambiental: Madrid. Ed. Pearson Educación. S.A. 696p., 2002.

Aulakh MS, Doran JW, Mosier AR. Soil denitrification - significance, measurement, and effects of management. *Advanced Soil Science*, 52-57p., 1992.

Azzini A, Savy Filho Â, Salgado A LB, Aenaldi FZ. Deslignificação dos resíduos agrícolas da cultura da mamona para produção de celulose e papel. *Bragantia*, Campinas43(2): 519-530, 1984.

Bange HW, Andreae MO, Lal S, Law CS, Naqvi SWA, Patra PK, Rixen T, RC Upstill-Goddard. Nitrous oxide emissions from the Arabian Sea: A synthesis. *Atmos. Chem. Phys*, 1: 61-71, 2001.

Batallón PP, Ouro G, Merino A, Macías F. Flujos de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en un suelo forestal del norte de España bajo diferentes manejos de restos de corta. *Edafología*, 5: 47-57, 1998.

Barker T, Bashmakov I, Bernstein L, Bogner JE, Bosch PR, Dave R. Technical Summary. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 27-92p., 2007.

Beauchamp EG, Trevors JT, Paul JW. Carbon sources for bacterial denitrification. *Advanced Soil Science*, 113-142p., 1989.

Beltrão NEM, Araújo AE, Amaral JAB, Severino LS, Cardoso GD, Pereira JR. Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o Nordeste brasileiro. EMBRAPA-Algodão. 16p, 2004.

Bernardes MC, Martinelli LA, Krusche AV, Gudeman J, Moreira M, Victoria RL, Omoto JPHB, Ballester MVR, Aufdenkampe AK, Richey JE, Hedges JI. Organic matter composition of rivers of the Ji-Paraná basin as a function of land use changes. *Ecological Applications*, 14: 263-279, 2005.

Bertelsen F, Jensen ES. Gaseous nitrogen losses from field plots grown with pea (*Pisum sativum* L.) or spring barley (*Hordeum vulgare* L.) estimated by <sup>15</sup>N mass balance and acetylene inhibition techniques. *Plant Soil*, 287-295p., 1992.

Bhandral R, Saggat S, Bolan NS, Hedley MJ. Transformations of nitrogen and nitrous oxide emission from grassland soils as affected by compaction. *Soil Tillage Research*, 94: 482-492, 2007.

BIODIESELBR. Disponível em: < <http://www.biodieselbr.com>>. Acesso em: fev. 2010

Blackmer AM, Bremner JM, Schmidt EL. Production of Nitrous Oxide by Ammonia-Oxidizing Chemoautotrophic Microorganisms in Soil. *Applied Environmental Microbiology*, 1060-1066p., 1980.

Blaya SN, García GN. Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Capítulo 5. El Agua y la Atmosfera del Suelo. 2 ed. Mundi-Prensa: Madrid. 81-98p., 2003a.

\_\_\_\_\_. Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Capítulo 11. El Nitrogeno en el Suelo. 2 ed. Mundi-Prensa: Madrid, 183-217p., 2003b.

Bloisi AM, Silveira OS, Peixoto CP, Lima V, Peixoto AG, Borges VP. Alocação da fitomassa e área foliar de girassol no Recôncavo Sul da Bahia. Engenharia Agrônômica da UFRB. Campus de Cruz das Almas, 2009.

Bouwman AF. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. In Bouwman A.F. *Soils and the Greenhouse Effect*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 61-127p., 1990.

Bouwman AF, Fung I, Matthews E, John J. Global analysis of the potential for N<sub>2</sub>O production in natural soils. *Global Biogeochem Cycles*, 7: 557-597, 1993.

Breitenbeck GA, Bremner JM. Effects of various nitrogen fertilizers on emission of nitrous oxide from soils. *Biology and Fertility Soils*, 195-199p., 1986.

Bremner JM, Nelson DW. Chemical decomposition of nitrite in soils. Transactions of the 9th International Congress of Soil Science, 2: 495-503, 1997.

Brum ES, Mattei VL, Machado AA. Emergência e sobrevivência de *Pinus taeda* L. em semeadura direta a diferentes profundidades. *Revista Brasileira de Agrociência*, 5(3): 190-194, 1999.

Bruner FF. The Chromatographic Analysis of Volatile Air and Water Pollutants: Miscellaneous. In: VCH Weinheim. Book Reviews Gas Chromatographic Environmental Analysis. Principles, Techniques, Instrumentatio. 160-164p., 1993.

Bumb BL, Baanante CA. The role of fertilizer in sustaining food security and protecting the environment to 2020. Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 17. International Food Policy Research Institute. Washington, DC, USA. 54p., 1996.

Burton DL, Beauchamp EG. Profile of nitrous oxide and carbon dioxide concentrations in a soil subject to freezing. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 115-122, 1994.

Butler NA, Centurion JF, Roque CG, Menezes de Sousa Z. Influencia da compactação e do cultivo de Soja nos atributos físicos e na condutividade hidráulica em Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Irrigação e Drenagem*, 8(3): 242-249, 2003.

Butterbach-Bahl K, Gasche R, Breur L, Papen H. Fluxes of NO and N<sub>2</sub>O from temperate forest soils: impact of Forest type, N deposition and of liming on the NO and N<sub>2</sub>O emission. *Nutrient Cycles in Agroecosystem*, 48: 79-90, 1997.

Cadernos NAE / Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Nº 2. Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica. Brasília, 2005.

Camargo AO, Alleoni LRF. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 132p., 1997.

Carvalho BCL, Oliveira EAS, Lima FJ. Girassol: recomendações técnicas para o cultivo e utilização do girassol no Estado d Bahia. Salvador. EBDA. 53p., 2007.

Cattannio JH, Davidson EA, Nepstad DC. Unexpected results of a pilot throughfall exclusion experiment on soil emissions of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and NO in eastern Amazonia. *Biology and Fertility of Soils*, 36: 102-108, 2002.

Cerri CC, Cerri CEP. Agricultura e aquecimento global. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. CENA-USP. 9p., 2007.

Ciampitti IA, Ciarlo EA, Conti ME. Emisiones de óxido nitroso en un cultivo de soja [Glycine max (L.) Merrill]: efecto de la inoculación y de la fertilización nitrogenada. *Ciencia del Suelo*, 23(2): 123-131, 2005.

Chadwick DR, Pain BF, Brookman SKE. Nitrous oxide and methane emissions following application of animal manures to grassland. *Journal of Environmental Quality*, 29: 277-287, 2000.

Chapin FS, Matson PA, Mooney HA. Principles of terrestrial ecosystem ecology. New York: Springer Science, 2002.

Clayton H, McTaggart IP, Parket J, Swan L, Smith KA. Nitrous oxide emission from fertilized grassland: a two year study of the effect of N fertiliser form and environmental conditions. *Biol Fert Soils*, 25: 252-260, 1997.

Cleveland CC, Townsend AR, Schimel DS, Fisher H, Howarth RW, Hedin LO. Global patterns of terrestrial biological nitrogen (N<sub>2</sub>) fixation in natural ecosystems. *Global Biogeochemical Cycle*, 13: 623-645, 1999.

Cole DW, Henry CL, SchiessP, Zasoski RJ. The role of forests in sludge and wastewater utilization programs. In: A.L. Page, T.L. Gleason III, J.E. Smith, Jr., I.K. Iskandar, A.L. Iskandar and L.E. Sommers. Utilization of Municipal Wastewater and Sludge on Land. University of California- Riverside. 125-143p., 1983.

Coleti JT, Demattê JLI. Compactação artificial em solos. Experiências e dados informativos. *Álcool e Açúcar*, 2(9): 34-38, 1982.

Confalonieri UEC, Marinho DP. Mudança Climática Global e Saúde: Perspectivas para o Brasil. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca/FIOCRUZ – ENSP: *Revista Multiciência*, 8. ed.: 48-64, 2007.

Conrad R. Metabolism of nitric oxide in soil and soil microorganisms and regulation of flux into the atmosphere. In: Murrell, J.C., Kelly, D.P. Microbiology of Atmospheric Trace Gases: sources, Sinks and Global Change Processes. Springer, Berlin, Germany. 167-203p., 1996.

Cónsul JMD, Thiele D, Veses RC, Baibich IM. Decomposição catalítica de óxidos de nitrogênio. *Química Nova*, 27(3): 432-440, 2004.

Cortes AT. Oleaginosas para Produção de Biodiesel no Estado da Bahia a partir da Agricultura Familiar. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Governo do Estado da Bahia, 2008.

Costa FS, Gomes J, Bayer C, Mielniczuk J. Métodos para avaliação das emissões de gases do efeito estufa no sistema solo-atmosfera. *Ciência Rural*, 36(2): 693-700, 2006.

Crutzen PJ. The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. *Q.J.R. Meteorol. Soc*, 96: 320-325, 1970.

\_\_\_\_\_, Ehhalt DH. Effects of nitrogen fertilizers and combustion on the stratospheric ozone layer. *Ambio*, 6(1-3): 112-117, 1977.

\_\_\_\_\_. In Denitrification, Nitrification and Atmospheric Nitrous Oxide. Delwiche, C. Wiley. New York. 17-45p, 1981.

\_\_\_\_\_. Mosier AR, Smith KA, Winiwarter W. N<sub>2</sub>O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8: 389-395, 2008.

Davidson EA, Matson PA, Vitousek PM, Riley R, Dunkin K, Garcia-Mendez G, Maass JM. Process regulating soil emission of NO and N<sub>2</sub>O in a seasonally dry tropical soil. *Ecology*, 74: 130-139, 1993.

Dalsgaard T, Bak F. Effect of Acetylene on Nitrous Oxide Reduction and Sulfide Oxidation in Batch and Gradient Cultures of Thiobacillus denitrificans. *Applied and Environmental Microbiology*, 58(5): 1601-1608, 1992.

del Grosso SJ, Parton WJ, Mosier AR, Ojima DS, Kulmala AE, Phongpan S. General model for N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> gas emissions from soils due to denitrification. *Global Biogeochemistry*, 1045-1060p., 2000.

Delwiche C. The nitrogen cycle. *Science America*, 223: 137-146. 1970.

Di HJ, Cameron KC. The use of a nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD), to decrease nitrate leaching and nitrous oxide emissions in a simulated grazed and irrigated grassland. *Soil Use Manage*, 18: 395-403, 2002.

Dias da Silveira A P, Freitas S dos Santos. Microbiota do solo e qualidade ambiental. Instituto Agronômico: Campinas, 312p., 2007.

Díaz MI, Hernández D, Chailloux ML, Mirta SJ, Marrero GV, Ojeda V. Efecto de la fertilización nitrogenada y la biofertilización en la calidad y conservación postcosecha del tomate. *Temas de ciencia y tecnología*, 6:17-24, 2002.

Domene FL, Ayres RU. Nitrogen's role in industrial systems. *J. Indust. Ecol*, 5: 77-103, 2001.

Donoso L, Santana R, Sanhueza E. Seasonal variation of N<sub>2</sub>O fluxes at a tropical savannah site: soil consumption of N<sub>2</sub>O during the dry season. *Geophysical Letters*, 20: 1379-1382, 1993.

Dorronsoró, C. Introducción a la edafología. Tema 3: Constituyentes, fase líquida y gaseosa. Universidad de Granada. España. 2010.

Douglasj T, Crawford CE. The response of a ryegrass sward to wheel traffic and applied nitrogen. *Grass and Forage Science*, 48: 91-100, 1993.

Drury CF, McKenney DJ, Findlay WI. Nitric oxide and nitrous oxide production from soil: water and oxygen effects. *Soil Science Society of American Journal*, 56: 766-770, 1992.

Dusenbury MP, Engela RE, Millera PR, Lemkeb RL, Wallandera R. Nitrous Oxide Emissions from a Northern Great Plains Soil as Influenced by Nitrogen Management and Cropping Systems. *Journal of Environmental Quality*, 37: 542-550, 2008.

Ebert C, Maroun C, Lok K, Mello A, Chiavari J. Protocolos para Medição e Geração de Dados relativos a Gases de Efeito Estufa (GEE). ICF Consulting. 21p., 2005.

Eichner, MJ. Nitroux oxide emission from fertilizer soils: summary of available data. *Journal of Environmental Quality*, 272-280p., 1990.

EMBRAPA-CNPMP, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Almeida O. Informações meteorológicas do CNP.: Cruz das Almas, BA. Documentos 34: 35p., 1999.

\_\_\_\_\_. Cardoso NA, Saminêz TC, Vargas MA. Fluxos de gases-traço de efeito estufa na interface solo/atmosfera em solos de cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 23 p., 2001a.

\_\_\_\_\_. Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical: Cruz das Almas, BA. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 80p., 2001b.

\_\_\_\_\_. Cultivo da Mandioca para a Região Semi-Árida. Sistema de produção 12 versão eletrônica: Cruz das Almas Ba., 2003.

\_\_\_\_\_. Informações técnicas sobre a agricultura familiar. Folder Cultura de mamona. Campina Grande - PB., 2004b.

\_\_\_\_\_. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência. Emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) provenientes de solos agrícolas. Ministério da Ciência e Tecnologia. 129p., 2006.

\_\_\_\_\_. Soares LH, Alves BJR, Urquiaga S, Boddey RM. Balanço energético na produção de bioetanol de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*). Circular Técnica 23, Embrapa Seropédica, Rio de Janeiro. 4p., 2008b.

\_\_\_\_\_. Elaboração de sistemas de produção de mandioca para o Extremo Sul da Bahia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: Cruz das Almas, BA. 80p., 2008c.

\_\_\_\_\_. Jardine JG, Dispatto I, Peres MR. Indicações de aspecto tecnológico sobre o bioetanol de matéria pirma amilácea. Documentos 94, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP. 23p., 2009a.

\_\_\_\_\_. Clima Temperado. Sistema de Produção da Mamona. Sistemas de Produção, 11 Versão Eletrônica, 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/SistemaProducaoMamona/cultivares.htm>>. Acesso em: agosto de 2009b.

\_\_\_\_\_. - SOJA. Tecnologias de produção de Girassol. Disponível em <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=301&cod\\_pai=38](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=301&cod_pai=38)>. Acesso em: fevereiro 2010.



EMVI, Enciclopedia Multimedia Interactiva y Biblioteca Virtual de las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas. A Crise Populacional. Disponível em: <<http://www.eumed.net/coursecon/libreria/2004/lgs-mem/5.htm>>. Acesso em abril de 2008.

Encyclopedia of world environmental history. O Guano. 4 ed. Berkshire Publishing Group: Estados Unidos, 3 vol., 1429 p., 2004.

EPAGRI – CEPA. Centro de socioeconomia e planejamento agrícola. Mandioca Panorama estadual e nacional. 8p., 2008.

EPAMIG, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Capítulo 3: Noções básicas de solo e a interação com a radiação solar. Disponível em: <[http://www.epamig.br/geosolos/MN\\_GEO/capitulo03.pdf](http://www.epamig.br/geosolos/MN_GEO/capitulo03.pdf)>. Acesso em: dezembro de 2009.

Estupiñán EG, Stickel RE, Wine PH. Is quenching of electronically excited NO<sub>2</sub> by N<sub>2</sub> an important atmospheric source of N<sub>2</sub>O?. *Chemosphere - Global Change Science*, 2: 247-253, 2000.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. IFA, Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Estimaciones globales de las emisiones gaseosas de NH<sub>3</sub>, NO y N<sub>2</sub>O provenientes de las tierras agrícolas. Roma, 110p., 2004.

\_\_\_\_\_. FAO agricultural data bases. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: abril de 2008.

Filho AS. Mamona tecnologia Agrícola. Campinas: EMOPI. 105p., 2005.

Fernández P & Díaz P. Relación entre variables cuantitativas. Investigación: Relación entre variables cuantitativas. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario A. Coruña. 8p., 2001.

Firestone MK. Biological denitrification. In: Nitrogen in Agricultural Soils. *American Society of Agronomy*, 289-326, 1982.

\_\_\_\_\_, Davidson EA. Microbiological basis of NO and N<sub>2</sub>O production and consumption in soil. In: Andreae, M.O., Schimel, D.S. (Eds.), Exchange of Trace Gases Between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere. Wiley, London, 7-21p., 1989.

Flessa H, Dörsch P & Beese F. Seasonal variation of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes in differently managed arable soils in southern Germany. *J Geophy Res.* 100(23): 115-124, 1995.

\_\_\_\_\_, Dörsch P, Beese F, König H, Bouwman AF. Influence of cattle wastes on nitrous oxide and methane fluxes in pasture land. *Journal of Environmental Quality*, 25: 1366-1370, 1996.

\_\_\_\_\_, Ruser R, Schilling R, Loftfield N, Munch JC, Kaiser EA, Beese F. N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes in potato fields: automated measurement, management effects and temporal variation. *Geoderma*, 105: 307-325, 2002.

Focht DD, Verstraete W. Biological ecology of nitrification and denitrification. *Annual Review Microbial Ecology*, 1: 135-214, 1977.

Galbally IE, Gillett RW. Acidification in Tropical Countries. J. Wiley & Sons: Chichester, 1988.

Galloway JN, Schlesinger WH, Levy IIV, Michaels A, Schnoor JL. Nitrogen fixation: anthropogenic enhancement - environmental response. *Global Biogeochem. Cycles*, 9(2): 235-252, 1995.

\_\_\_\_\_. Cowling EB, Seitzinger SJ, Socolow R. Reactive nitrogen: Too much of a good thing. *Ambio*, 31: 60-63, 2002.

\_\_\_\_\_. Aber JD, Erisman JW, Seitzinger SP, Howarth RH, Cowling EB and Cosby RJ. The nitrogen cascade. *BioScience*, 53: 341-356, 2003.

\_\_\_\_\_. Dentener FJ, Capone DG, Boyer EW, Howarth RW, Seitzinger SP, Asner GP, Cleveland CC, Green PA, Holland EA, Karl DM, Michaels AF, Porter JH, Townsend AR, Vorosmarty CJ. Nitrogen cycles: past, present and future. *Biogeochemistry*, 70: 153-226, 2004.

Garcia RR, Solomon S. A new numerical model of the middle atmosphere. Part 2. Ozone and related species. *J. Geophys. Res.* 99: 12937-12951, 1994.

Giacomini SJ, Jantalia C, Aita C, Urquiaga SS, Alves BJR. Emissão de óxido nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto. *Pesq. agropec. bras.*, 41(11):1653-1661, 2006.

Gill RA, Polley HW, Johnson HB, Anderson LJ, Maherali H, Jackson RB. Nonlinear grassland responses to past and future atmospheric CO<sub>2</sub> ecosystems in sequestering anthropogenic CO<sub>2</sub>. *Nature*, 417: 279-282, 2002.

Granli T, Bockman OC. Nitrous oxide from agriculture. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, 12: 1-128, 1994.

Goes CD. Manejo da cultura de mamona em sistemas de semeadura direta. FUNGE/ESAPP., 2007.

Gonçalves C. Estudo da produção de óxido nitroso em cultivo de feijão (*phaseolus vulgaris*). Dissertação de mestrado. São José dos Campos: INPE., 2002.

Hadi A, Inubushi K, Purnomo E, Razie F, Yamakawa K, Tsuruta H. Effect of land-use changes on nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission from tropical peatlands. *Chemosphere - Global Change Science*, 2: 347-358, 2000.

Haile SG, Fraisse CW, Nair PKR, Nair VD. Greenhouse Gas Mitigation in Forest and Agricultural Lands: Reducing Emissions. University of Florida. Cooperative Extension Service. AE443: 1-7, 2008.

Hakansson I, Voorhess WB. Soil compactação. In: Methods for assessment of soil degradation. Advances in soil science. Lal R ed., Boca Raton: CRS Press, 167-179p., 1998.

Hakata M, Takahashi M, Zumft W, Sakamoto A, Morikawa H. Conversion of the nitrate nitrogen and nitrogen dioxide to nitrous oxides in plants. *Acta Biotechnologica*, 249-257p., 2003.

Hansen S, Bakken LR. N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentration in soil air influenced by organic and inorganic fertilizers and soil-compaction. *Norwegian Journal of Agriculture Science*, 7: 1-10, 1993.

Hansen N, Agbor FAB, Keil FJ. New force fields for nitrous oxide and oxygen and their application to phase equilibria simulations. *Fluid Phase Equilibria*, 259: 180-188, 2007.

Harrison RM. Pollution: Causes, effects, and control, 2th ed. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, 1995.

Hayesep Chromtech. HayeSep Porous Polymer Applications. Analytical Polymers. Haye Separations, Inc., 2008.

Haynes RJ, Williams PH. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, 49: 119-199, 1993.

Healy RW, Striegl RG, Russell TF, Hutchinson GL, Livingston GP. Numerical evaluation of static-chamber measurements of soil-atmosphere gas exchange: Identification of physical processes. *Soil Science Society of America journal*, 60(3): 740-747, 1996.

Heffer, P. World Agriculture and Fertilizer Demand, Global Fertilizer Supply and Trade 2008-2009. Summary Report. International Fertilizer Industry Association (IFA). Paris-France, 2008.

Hellebrand HJ, Scholz V, Kern J. Fertiliser induced nitrous oxide emissions during energy crop cultivation on loamy sand soils. *Atmospheric Environment*, 42: 8403-8411, 2008.

Hernández DM, Chailloux LM, Salgado PJ, Marrero GV, Ojeda VA, McDonald JC. Efecto de la fertilización nitrogenada, y la biofertilización en la calidad y conservación postcosecha del tomate. *Temas de ciencia y tecnología*, 17: 17-24, 2002.

Hillel D. Introduction to soil physic. Academic Press: San Diego, 264 p., 1982.

Hou AX, Chen GX, Wang ZP, Van Cleemput O, Patrick WH. Methane and nitrous oxide emission from a rice field in relation to soil redox and microbiological processes. *Soil Sci. Soc. Am. J*, 64: 2180-2186, 2000.

Hutchinson GL, GuenziWD, Livingston GP. Soil water controls on aerobic soil emission of gaseous nitrogen oxides. *Soil Biology and Biochemistry*. 25: 1-9, 1993.

ICH. International Conference on Harmonisation. Validation of Analytical Procedures: Methodology, Q2B (CPMP/ICH/281/95), 1995.

Ibio, Instituto Bio Atlântica. GeoAtlântica ambiente para o conhecimento; Corredor central da Mata Atlântica, 2010. Disponível em: <<http://www.bioatlantica.org.br/mata>>. Acesso em: março de 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabela de dados agrícolas ano 2006, Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: abril de 2008a.

\_\_\_\_\_. Mapa do Potencial Agrícola. Disponível em: <[http://mapas.ibge.gov.br/pot\\_agro/viewer.htm](http://mapas.ibge.gov.br/pot_agro/viewer.htm)>. Acesso em: agosto de 2008b.

\_\_\_\_\_. Produção Agrícola Municipal 2005. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=740](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=740)>. Acesso em: Abril de 2008c.

\_\_\_\_\_. Levantamento sistemático da produção agrícola (LPSA). Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa\\_2007\\_.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa_2007_.shtm)>. Acesso em: março de 2009a.

\_\_\_\_\_. Resultados dos dados estruturais dos censos agropecuários 1999-2006. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/graficos\\_dinamicos/censo\\_agro/default.htm](http://www.ibge.gov.br/graficos_dinamicos/censo_agro/default.htm)>. Acesso em: agosto de 2009b.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climatic Change. Radiative forcing of climate change. The 1994 report of the scientific assessment working group of IPCC. Summary for policy makers, WMO, IPCC, UNEP, 1994.

\_\_\_\_\_. Climate Change: Impacts, adaptations and mitigation of climate change. Technical Analysis. Cambridge University Press. 1996.

\_\_\_\_\_. Nitrous oxide and carbon dioxide in agriculture; OECD/IPCC/IEP phase II development of IPCC guidelines for national greenhouse gas inventory methodology. Geneva, 1997.

\_\_\_\_\_. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, forestry and other land use. In: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan, 2006.

\_\_\_\_\_. Climate change 2007: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment. In: Core Writing Team, Pachauri, R.K., Reisinger, A. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland. 104p., 2007.

\_\_\_\_\_. The IPCC Explains. Human Responsibility for Increases in CO<sub>2</sub> and GHG Concentrations. In: IPCC FAQs on Greenhouse Gases, Global Warming and Climate Change, 2009.

INMET, Instituto nacional de meteorologia. Consulta Dados da Estação Convencional: Cruz das Almas (BA). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php>>. Acesso em dezembro de 2009.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial; Orientações sobre Validação de Métodos de Ensaio Químicos, DOQ-CGCRE-008, 2003.

IPNI, International Plant Nutrition Institute (Brasil). A indústria de fertilizantes nitrogenados e o futuro. *Informações Agronômicas*, 120: 4-6, 2007.

IUPAC. International union of pure and applied chemistry. Harmonized guidelines for single-laboratory validation of methods of analysis. *Pure Appl. Chem.*, 4(5): 835-855, 2002.

Jarvis SC, Barraclough D, Williams J, Rook AJ. Patterns of denitrification loss from grazed grassland: effects of N fertiliser inputs at different sites. *Plant and Soil*, 131: 77-88, 1991.

Jiménez CML. Influencia del tipo de fertilizante nitrogenado en la emisión de óxido nitroso procedente de los procesos de desnitrificación y nitrificación en suelos agrícolas. Disponível em: <[http://www.cibernetia.com/tesis\\_es/CIENCIAS\\_DE\\_LA\\_TIERRA\\_Y\\_DEL\\_ESPACIO.2002](http://www.cibernetia.com/tesis_es/CIENCIAS_DE_LA_TIERRA_Y_DEL_ESPACIO.2002)>. Acesso em: janeiro de 2010.

Kaiser EA, Kohrs K, Kucke M, Schnug E, Munch JC, Heinemeyer O. Nitrous oxide release from arable soil: importance of n-fertilization, crops and temporal variation. *Soil Biol. Biochem.*, 30(12): 1553-1563, 1998b.

Kavdir Y, Hellebrand HJ, Kern J. Seasonal variations of nitrous oxide emission in relation to nitrogen fertilization and energy crop types in sandy soil. *Soil & Tillage Research*, 98: 175-186, 2008.

Keller M, Wldkamp E, Weitz AM, Reiners WA. Effect of pasture age on soil trace-gas emissions from a deforested area of Costa Rica. *Nature*, 365: 244-246, 1993.

Keller M, Reiners WA. Soil atmosphere exchange of nitrous oxide, nitric oxide, and methane under secondary succession of pasture to forest in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Global Biogeochemical Cycles*, 8: 399-409, 1994.

Khalil MAK, Rasmussen RA. Nitrous oxide: trends and mass balance over the last 3000 years. *Annals of Glaciology*, 10: 73-80. 1988.

Kiese R, Butterbach-Bahl K. N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> emissions from three different tropical forest sites in the wet tropics of Queensland, Australia. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 975-987. 2002.

Kim DY, Burger JA. Nitrogen transformations and soil processes in a wastewater-irrigated, mature Appalachian hardwood forest. *Forest Ecology and Management*, 90: 1-11, 1997.

Kitzler B, Zechmeister-Boltenstern S, Holtermann C, Skiba U, Butterbach-Bah K. Controls over N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> fluxes in a calcareous mountain forest soil. *Biogeosciences*, 3(4): 383-395, 2006.

Klink C. Quanto mais quente, melhor?: Desafiando a sociedade civil a entender as mudanças climáticas. São Paulo: Peirópolis; Brasília DF: Instituto Internacional de Educação do Brasil. IEB, 2007.

Kroeze C, Seitzinger SP. Nitrogen inputs to rivers, estuaries and continental shelves and related nitrous oxide emissions in 1990 and 2050: a global model. *Nutrient Cycling Agroecosyst.* 52: 195-212, 1998.

Koops JG, Van Beusichem ML, Oenema O. Nitrous oxide production, its source and distribution in urine patches on grassland on peat soil. *Plant and Soil*, 191: 57-65, 1997.

Krupa S. Global climate change: processes and products an overview. *Environ. Mon. Asses*, 46: 73-88, 1997.

Lal S, Sheel V. A study of the atmospheric photochemical loss of N<sub>2</sub>O based on trace gas measurements. *Chemosphere - Global Change Science*, 2: 455-463, 2000.

Leuenberger M, Siegenthaler U. Ice-age atmospheric concentration of nitrous oxide from an Antarctic ice core. *Nature*, 360: 449-451, 1992.

Li X, Yongsheng F, Archambault D, Bertram H, Flesch T. Evaluation of methods for determining NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from soil applied manure. Air Research Users Group. University of Alberta, 2000.

\_\_\_\_\_. Feng Y, Archambault D, Bertram H, Flesch, T. Evaluation of methods for determining NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from soil applied manure. *Alberta Environment*, 30, 2000.

Lindau CW, Delaune RD, Patrick WH, Bollich PK. Fertilizer effects on dinitrogen, nitrous oxide and methane emissions from lowland rice. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 1789-1794, 1990.

Lite AL, Muñoz LM. Fertilización eco-eficiente del olivo y disminución de la contaminación por nitratos mediante inhibidores de la nitrificación. España. Expo-oliva, 2005.

Luizao F, Matson P, Livingston G, Luizao R, Vitousek P. Nitrous oxide flux following tropical and clearing. *Global Biogeochemical Cycles* 3: 281-285, 1989.

Leffelaar P.A. Dynamics of partial anaerobiosis, denitrification, and water in a soil aggregate: experimental. *Soil Science*. 142: 352-366. 1986.

Luo Y, Su B, Currie WS, Dukes JS, Finzi A, Hartwig U, Hungate B, Mcmurtrie RE, Oren R, Parton WJ, Pataki DE, Shaw MR, Zak DR, Field CB. Progressive nitrogen limitation of ecosystem responses to rising atmospheric carbon dioxide. *BioScience*, 54: 731-739, 2001.

Lutzenberger J. *Ecologia do jardim ao poder*. RS L&PM Ed., 1985.

Ma WK, Bedard-Haughn A, Siciliano SD, Farrell RE. Relationship between nitrifier and denitrifier community composition and abundance in predicting nitrous oxide emissions from ephemeral wetland soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 1114-1123, 2008.

Maag M, Vinther FP. Nitrous oxide emission by nitrification and denitrification in different soil types and at different soil moisture contents and temperatures. *Applied Soil Ecology*, 4: 5-14, 1996.

Madari BE, Costa AR, Jantalia CP, Oliveira PL, Barbosa M, Martins D, Gomes J Rodrigues BJ. Fator de Emissão de Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) para a Fertilização com N na Cultura do Feijoeiro Comum Irrigado no Cerrado. Comunicado Técnico 144. Santo Antonio de Góias. GO., 2007.

Martinelli LA. Element interactions in Brazilian landscapes as influenced by human interventions. In: Mellilo JM, Field CB e Moldan B. Interactions of the major biogeochemical cycles - global change and human impacts. Washington: Island Press, 357p., 2003.

Matson PA, Vitousek PM. Nitrogen mineralization and nitrification potentials following clearcutting in the Hoosier National Forest, Indiana. *For. Sci*, 27: 781-791, 1981.

\_\_\_\_\_. Harriss RC. Biogenic Trace Gases: Measuring. Emissions from Soil and Water. Blackwell Science Ltd. 394p., 1995.

McLaren RG, Cameron KC. Soil, plant and fertilizer nitrogen. Soil Science. Oxford University Press, Auckland, 192-206p., 1996.

McLain JET, Martens DA. Nitrous oxide flux from soil amino acid mineralization. *Soil Biology & Biochemistry*, 37: 289-299, 2005.

Melo MT, Emöke B, Rodrigues BJ, Oliveira WG, Lanna AC, Alves JA, Oliveira PL, Costa AR, Silva JR, Souza DM. Emissão de N<sub>2</sub>O e volatilização de NH<sub>3</sub> em sistema de produção de feijoeiro comum irrigado em latossolo no Cerrado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Arroz e Feijão. 23p., 2008.

Merotto A, Mundstock CM. Wheat root growth as affected by soil strength. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 23(2): 197-202, 1999.

Mitsui T, Miyamura M, Matsunami A, Kitagawa K, Arai N. Measuring Nitrous Oxide in Exhaled Air by Gas Chromatography and Infrared Photoacoustic Spectrometry. *Clinical Chemistry*, 43: 1993-1995, 1997.

Mogge B, Kaiser EA, Munch JC. Nitrous oxide emissions and denitrification N-losses from agricultural soils in the Bornhoved Lake region: influence of organic fertilizers and land-use. *Soil Biology & Biochemistry*, 31(9): 1245-1252, 1999.

Monaghan R M, Barraclough D. Nitrous oxide and dinitrogen emissions from urine affected soil under controlled conditions. *Plant Soil*, 151: 127-138, 1993.

Mosier AR, Hutchinson GL. *J. Environ. Qual.*, 10: 169-173, 1981.

\_\_\_\_\_. Parton W, Valentine D, Ojima D, Schimel D, Delgado D. CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in the Colorado shortgrass steppe. Impact of landscape and nitrogen addition, *Global Biogeochem Cycles*. 10: 387-400, 1996.

\_\_\_\_\_. Duxbury JM, Freney JR, Heinemeyer O, Minami K. Assessing and Mitigating N<sub>2</sub>O Emissions From Agriculture Soils. *Climatic Changes*, 40: 7-38, 1998a.

\_\_\_\_\_. Kroeze C, Nevison C, Oenema O, Seitzinger S, Cleemput O. Closing the global atmospheric N<sub>2</sub>O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutrient Cycling Agroecosystem*, 52: 225-248, 1998b.

\_\_\_\_\_. Kroeze C. Potential impact on the global atmospheric N<sub>2</sub>O budget of the increased nitrogen input required to meet future global food demands. *Chemosphere - Global Change Science*, 2: 465-473, 2000.

\_\_\_\_\_. Wassmann R, Verchot L, King J, Palm C. Methane and nitrogen oxide fluxes in tropical agricultural soils: sources, sinks and mechanisms. *Environ. Dev. Sustainability*, 6: 11-49, 2004.

Mothé CG, Correia D, de Castro BCS, Caitano M. Otimização da produção de biodiesel a partir de óleo de mamona. *Revista Analytica*, 19: 40-44, 2005.

Müller C, Sherlock RR, Williams PH. Factors influencing N<sub>2</sub>O emission from dung pasture soil affected by animal urine or ploughing. *European Journal of Soil Science*, 1997.

Muchovej RM, Crechcigl JE. Impacts of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on water quality. In: LAL R, STEWART BA. Soil processes and water quality. Lewis Publication. 91-135p., 1994.

Neill C, Deegan IA, Thomas SM, Cerri CC. Deforestation for pasture alters nitrogen and phosphorus in small amazonian streams. *Ecological Applications*, 11: 1817-1828, 2001.

Neto S, Carmo JB, Keller MM, Novelo LO, Correa DA, Martinelli LA. Perdas de Nitrogênio pela emissão de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) na Floresta de Mata Atlântica. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu-MG, 2007.

Neto MHL, Leite RHL, Freitas MO, Paiva LAL, Costa MRF, Santos PE, Dantas FEF. Avaliação da alcalinidade livre e combinada na obtenção biodiesel a partir do óleo de mamona. 48º Congresso Brasileiro de Química (CBQ): Química na proteção ao meio ambiente e à saúde: Rio de Janeiro - RJ., 2008.



Oenema O, Velthof GL, Yarnulki S, Jarvia SC. Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use and Management*, 13: 288-295, 1997.

O'Hara GW, Daniel RM. Rhizobial denitrification: a review. *Soil Biol. Biochem.* 17: 1-9, 1985.

Oliva ST. Determinação de metanol e etanol na atmosfera urbana de Salvador por CG-DCE. Dissertação de mestrado em Ciências Naturais - Química. Instituto de Química. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 1998.

USDA- ARS GRACE. Chamber-based Trace Gas Flux Measurement Protocol. Trace Gas Protocol Development Committee. USA. 28p., 2003.

Parron LM, Bustamante MMC, Prado CLC. Mineralização de nitrogênio e biomassa em solos de Mata de Galeria: efeito do gradiente topográfico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 25p., 2003.

Pathak H. Emissions of nitrous oxide from soil. *Current Science*, 77(3): 359-367, 1999.

Paul EA, Clark FE. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, San Diego, 273 p., 1996.

Penteado, M.C. Identificação dos Gargalos e Estabelecimento de um Plano de Ação para o Sucesso do Programa Brasileiro de Biodiesel. Dissertação de Mestrado. Engenharia Automotiva, Escola Politécnica da São Paulo, USP. São Paulo, 159p., 2005.

Pillar VD. Clima e vegetação. UFRGS, Departamento de Botânica, 11p., 1995. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>. Acesso em: dezembro de 2009.

Portela H. Biodiesel. Seminário Biocombustíveis Petrobras. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador. 20p., 2010.

Poth M, Focht DD.  $^{15}\text{N}$  kinetic analysis of  $\text{N}_2\text{O}$  production by *Nitrosomonas europaea*: an examination of nitrifier denitrification. *Applied and Environmental Microbiology*, 49: 1134-1141, 1985.

Prather M, EhhaltD, Dentener F, Derwent R, Dlugokencky E, Holland E, Isaksen I, Katima J, Kirchhoff V, Matson P, Midgley P, Wang M. Atmospheric chemistry and greenhouse gases, in *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001.

Priess JA, Folster H. Microbial properties and soil respiration in submontane forests of Venezuelan Guyana: Characteristics and response to fertilizer treatments. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford. 33: 505-509, 2001.

Ralisch R, Tavares Filho J. Compactação: uma preocupação pertinente. *A Granja*, 646: 55-57, 2002.

Reimer RA, Slaten CS, Seapan M, Lower MW, Tomlinson PE. Abbattimento di  $\text{N}_2\text{O}$  nell' industria dell' acido adipico. *Tecnologie Chimiche*, 6: 81, 1995.

- Remde A, Conrad R. Production of NO in *Nitrosomonas europaea* by reduction of nitrite. *Archives of Microbiology*, 154: 187-191, 1990.
- Renault P, Stengel P. Modelling oxygen diffusion in aggregated soils: 1. Anaerobiosis inside the aggregates. *Soil Science Society of American Journal*, 58: 1017-1023, 1994.
- Ribeiro LP, Santos DMB, Lima Neto I, Barbosa MF, Cunha TJ. Levantamento detalhado dos solos, capacidade de uso e classificação de terras para irrigação da estação de Plasticultura da Universidade Federal da Bahia/Politeno em Cruz das Almas, BA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19(1): 105-113, 1995.
- Ribani M, Bottoli CBG, Collins CH, Jardim ICSF. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. *Quimica Nova*, 27(5): 771-780, 2004.
- Rivero A, López NJ, Díaz GJ. Agricultura orgánica v.s. agricultura moderna. España. Salud pública. Fundación Produce Tabasco, 2005.
- Rodrigues LM, Ziviani AC, Neto RT, Jayme de Oliveira A, Gonçalves da Silva M. Estudo da viabilidade técnica da implantação de uma lavoura de mamona *Ricinus communis* L. rotacionada com milho no município de Cônego Marinho - MG. UPIS - Faculdades Integradas Departamento de Agronomia. Boletim Técnico: Planaltina - DF. 63p., 2008.
- Rolston DE, Broadbent FE. Environmental Protection Technology Series. US EPA, Ada, Oklahoma, EPA-600/2-77-233, 1977.
- Rusch H, Rennenberg H. Black alder (*Alnus Glutinosa* (L.) Gaertn.) trees mediate methane and nitrous oxide emission from the soil to the atmosphere. *Journal Plant and Soil*, 201 (1):1-7, 1998.
- Ruser R, Flessa H, Schilling R, Steindl H, Beese F. Effects of soil compaction and fertilization on N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes in potato fields. *Soil Science Society of American Journal*, 62: 1587-1595, 1998.
- Russow R, Sich I, Neue HU. The formation of the trace gases NO and N<sub>2</sub>O in soils by the coupled processes of nitrification and denitrification: results of kinetic <sup>15</sup>N tracer investigations. *Chemosphere: Global Change Science*, 2: 359-366, 2000.
- \_\_\_\_\_, Spott O, Stange CF. Evaluation of nitrate and ammonium as sources of NO and N<sub>2</sub>O emissions from black earth soils (Haplic Chernozem), based on <sup>15</sup>N field experiments. *Soil Biology & Biochemistry*, 10: 345-351, 2007.
- Ryden JC. Gaseous losses of nitrogen from grassland. In: *Nitrogen Fluxes in Intensive Grassland Systems*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 59-73p., 1986.
- Ryden JC, Lund LJ, Focht DD. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 731-738, 1978.
- Saggar S, Andrew RM, Tate KR, Hedley CB, Rodda NJ, Townsend JA. Modelling nitrous oxide emissions from dairy-grazed pastures. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 68: 243-255, 2004.

\_\_\_\_\_, Bolan N, Singh J, Blard A. Economic and environmental impacts of increased nitrogen use in grazed pastures and role of inhibitors in mitigating nitrogen losses. *N. Z. Sci. Rev.*, 62: 69-74, 2005.

\_\_\_\_\_, Hedley CB, Giltrap DL, Lambie SM. Measured and modelled estimates of nitrous oxide emission and methane consumption from a sheep-grazed pasture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122: 357-365, 2007.

Santos, GF. Emissão de óxido nitroso e mineralização do carbono de plantas de cobertura e de dejetos de suínos e bovinos em plantio direto de mamona. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo. 89p., 2009.

Santos AR. Projeto: Recomendação de adubação com nitrogênio, fosforo e potássio para cultura do girassol em latossolo do recôncavo baiano -UFRB, 2009.

Schils R, Kuikman P, Liski J, van Oijen M, Smith P, Webb J, Alm J, Somogyi Z, van den Akker J, Billett M, Emmett B, Evans C, Lindner M, Palosuo T, Bellamy P, Alm J, Jandl R, Hiederer R. Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. *Clim. Soil*, 208 p., 2008.

Schmalz CR, Aita C, Giacomini SJ, Silva SDA, Couto R, Redin M, Olivo J, Longhi R. Produção e Decomposição de Folhas de Mamona Durante o Ciclo da Cultura. UFSM, Santa Maria, RS. 5p., 2007.

Scholefield D, Hawkins JMB, Jackson SM. Development of a helium atmosphere soil incubation technique for direct measurement of nitrous oxide and dinitrogen fluxes during denitrification. *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 1345-1352, 1997a.

SEAGRI, Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. Diretoria de desenvolvimento da agricultura. Rocha HM. A Produção de Oleaginosas na Bahia e sua Inserção no Programa Biodiesel, 2006.

\_\_\_\_\_. Superintendência de política do agronegócio. Estimativa de safra Brasil 2008/2009. Salvador, Ba., 2009.

Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação. Programa de Bioenergia da Bahia. 4ª Conferencia brasileira de arranjos produtivos locais. Brasília, 2009,.

Segschneider HJ, Sich I, Russow R. Use of specially configured gas chromatography system for the simultaneous determination of methane, nitrous oxide and carbon dioxide in ambient air and soil atmosphere. In: Proceedings of the International Workshop on Gaseous Emission from Grassland. Institute of Grassland & Environmental Research (IGER), Okehampton, UK, 211-218p., 1996.

Seitzinger SP, Kroeze C. Global distribution of nitrous oxide production and N inputs in freshwater and coastal marine ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles*, 12: 93-113, 1998.

Seitzinger SP, Kroeze C, Styles RV. Global distribution of N<sub>2</sub>O emissions from aquatic systems: natural emissions and anthropogenic effects. *Chemosphere - Global Change Science*, 2: 267-279, 2000.

Serca D, Delmas R, Jambert C. Emissions of nitrogen oxides from equatorial rain forest in central Africa: origin and regulation of NO emission from soils. *Tellus*, (46B): 243-254, 1994.

Shabir GA. Validation of high-performance liquid chromatography methods for pharmaceutical analysis. understanding the differences and similarities between validation requirements of the US Food and Drug Administration, the US Pharmacopeia and the International Conference on Harmonization. Amsterdam. *J. Chromatogr. A*, 987(1/2): 57-66, 2003.

Shea CP. World Watch Paper, World Watch Institute, Washington, DC. 87: 118-124, 1988.

Shimizu A, Tanaka K, Fujimori M. Abatement technologies for N<sub>2</sub>O emissions in the adipic acid industry. *Chemosphere - Global Change Science*, 2: 425-434, 2000.

Siegel RS, Hauck RD, Kurtz LT. *Soil Sci. Soc. Am.J.*, 46: 68-74, 1982.

Sierra J, Renault P, Valles V. Anaerobiosis in saturated soil aggregates: modelling and experiment. *European Journal of Soil Science*, 46: 519-532. 1995.

Sigrist MW. Air Monitoring by Spectroscopic Techniques. Chemical Analysis, Series. Switzerland, 127 vol., 531 p., 1994.

Silva AS. Projeto: Melhoramento genético da mamona para condições de baixa altitude no Estado da Bahia. Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia -NBIO. UFRB., 2009.

Silva MRSS. Produção de serapilheira, biomassa e diversidade de comunidades bacterianas do solo em áreas de Cerrado sob diferentes usos e manejos. Dissertação de Mestrado Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília. 77p., 2004.

Simon J. Culturas bioenergéticas: produção de biomassa, decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais: Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Santa Maria, RS, Brasil, 51p., 2009.

Sitaula BK, Hansen S, Sitaula JIB, Bakken LR. Effects of soil compaction on N<sub>2</sub>O emission in agricultural soil. *Chemosphere - Global Change Science*, 2: 367-371, 2000.

Skiba U, Hargreaves KJ, Fowler D, Smith KA. Fluxes of nitric and nitrous oxides from agricultural soils in a cool temperate climate. *Atmospheric Environment*, (26A): 2477-2488, 1992.

Smil V. Nitrogen in crop production: an account of global flows. *Global Biogeochemistry Cycle*, 13: 647-662, 1999.

\_\_\_\_\_. Feeding the world: a challenge for the twenty-first century. MIT Press, Cambridge, MA, 2000.

Smith KA. The potential for feedback effects induced by global warming on emissions of nitrous oxide by soils. *Global Change Biology*, 3: 327-338, 1997.

Smith CJ, Patrick WH. Nitrous oxide emission as affected by alternate anaerobic and aerobic conditions from soil suspensions enriched with ammonium sulfate. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 6(15): 693-697, 1983.

Snaydon RW. The Ecology of Grazed Pastures. In: *Grazing Animals*. Elsevier, Amsterdam, 13-31p., 1981.

Soane BD. The role of organic matter in soil compatibility: A review of some practical aspects. *Soil & Tillage Research*, 16(1-2): 179-201, 1990.

Sommer SG, McGinn SM, Hao X, Larney FJ. New micro-meteorological techniques for measuring gas emission from stored solid manure. 11th International Conference of the FAO ESCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture, Ramiran, 2004.

Souza L, Souza LD. Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. EMBRAPA, Cruz das Almas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 20, 2001.

Stone LF, Guimarães CM, Moreira JAA. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: Efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6(2): 207-212, 2002.

Syväsalo E, Regina K, Pihlatie M, Esala M. Emissions of nitrous oxide from boreal agricultural clay and loamy sand soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 69(2): 155-165, 2004.

Takahashi HW, Hidalgo PC, Fadelli L, Cunha M. Composição e manejo da solução nutritiva visando a diminuição do teor de nitrato nas folhas de alface hidropônica. *Horticultura Brasileira*, 25: 006-009, 2007.

Tamm C. *Nitrogen in terrestrial ecosystems*. Springer Verlag. Berlin, 1991.

Thiemens M.H, Trogler WC. Nylon production: an unknown source of atmospheric nitrous oxide. *Science*, 251: 932-937. 1991.

Thijsse TR. Gas chromatographic measurement of nitrous oxide and carbon dioxide in air using electron capture detection. *Atmospheric Environment*, 12(10): 2001-2003, 1978.

Tiedje JM. Ecology of denitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium. In: *Biology of anaerobic microorganisms*. A.J.B. Zehnder, 179-224, 1988.

Tohjima Y, Mukai H, Maksyutov S, Takahashi Y, Machida T, Katsumoto M, Fujinuma Y. Variations in atmospheric nitrous oxide observed at Hateruma monitoring station. *Chemosphere - Global Change Science*, 2: 435-443, 2000.

Torberht A, Wood C.W. Effects of soil compaction and waterfilled pore space on soil microbial activity and N losses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 23: 1321-1331, 1992.

Townsend AR, Howarth RH, Bazzaz FA, Booth MS, Cleveland CC, Collinge SK. Human health effects of a changing global nitrogen cycle. *Front Ecol. Environ.*, 1: 240-246, 2003.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: Human alteration of the nitrogen cycle Threats, benefits and opportunities, Scientific Committee on Problems of the Environment of ICSU (SCOPE)., 2007.

UNISC, Núcleo de inovação e transferência de tecnologia. Disponível em: <<http://www.unisc.br/pesquisa/nitt/cultivares.htm>>. Acesso em: novembro de 2008.

Upstill-Goddard RC, Rees AP, Owens NJP. Simultaneous high-precision measurements of methane and nitrous oxide in water and seawater by single phase equilibration gas chromatography. *Deep-Sea Research I*, 43(10): 1669-1682, 1996.

US-EPA. Greenhouse gas mitigation potential in US agriculture and forestry. EPA 430-R-05-006, 2005.

U.S Census Bureau. World POPClock Projection. Disponível em: <<http://www.census.gov/ipc>>. Acesso em: fev. 2010.

van Cleemput OV, Samater AH. Nitrite in soils: accumulation and the role in the formation of gaseous N compounds. *Fertilizer Research*, 45: 81-89, 1996.

van Groenigen JW, Kassel C. Salinity-induced patterns of natural abundance carbon-13 and nitrogen-15 in plant and soil. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 489-498, 2002.

\_\_\_\_\_, Velthof GL, van der Bolt FTE, Vos A, Kuikman PJ. Seasonal variation in N<sub>2</sub>O emissions from urine patches: effects of urine concentration, soil compaction and dung. *Plant Soil*, 273: 15-27, 2005.

van Haren JLM, Handley LL, Biel KY, Kudryarov VN, McLain JET, Martens DA, Colodner DC. Drought-induced nitrous oxide flux dynamics in an enclosed tropical forest. *Global Change Biology*, 11: 1-11, 2005.

van Hecke K, Van CO, Baert L. Chemo-denitrification of nitrate-polluted water. *Environmental Pollution*, 63: 261-274, 1990.

van Schöll L, Nieuwenhuis R. Manejo da fertilidade do solo. 1 ed. Fundação Agromisa, Wageningen. 93 p., 2003.

Verchot LV, Davidson EA, Cattannio JH. Land use and biogeochemical controls of nitrogen oxide emissions from soils in eastern Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles*, 13: 31-46, 1999.

Vitousek PM, Howarth RW, Likens GE, Matson PA, Schindler D, Schlesinger WH, Tilman GD. Human alterations of the global nitrogen cycle: causes and consequences. *Issues in Ecology*, 1: 1-17, 1997.

\_\_\_\_\_. Hattenschwiler S, Olander L, Allison S. Nitrogen and nature. *Ambio*, 31: 97-101, 2002.

Wassell JR, Dittmer TP. Are subsidies for biodiesel economically efficient? *Energy Policy*, 34(18): 3993-4001, 2006.

Weier KL, Gillam JW. Effect of Acidity on Nitrogen Mineralization and Nitrification in Atlantic Coastal Plain Soils. *Soil Science Society American Journal*, 1210-1214p., 1986.

Williamson JC, Jarvis SC. Effect of dicyandiamide on nitrous oxide emissions following return of animal excreta to grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (9/10): 1575-1578, 1997.

Yamulki S, Harrison RM, Goulding KWT, Webster CP. N<sub>2</sub>O, NO and NO<sub>2</sub> fluxes from a grassland: effect of soil Ph. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(8): 1199-1208, 1997.

Yan X, Shi S, Du L, Xing G. Pathways of N<sub>2</sub>O emission from rice paddy soil. *Soil Biology Biochemistry*, 437-440p., 2000.

\_\_\_\_\_. Jarvis SC, Owen P. Nitrous oxide emissions from excreta in a simulated grazing pattern. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(4): 491-500, 1998.

Zheng X, Fu C, Xu X, Yan X, Chen G, Han S. The Asian nitrogen case. *Ambio*, 31: 79-87, 2002.

Zou J, Huang Y, Sun W, Zheng X, Wang Y. Contribution of plants to N<sub>2</sub>O emissions in soil-winter wheat ecosystem: pot and field experiments. *Plant and Soil*, 205-211p., 2005.





## **ANEXOS**

## ANEXO A

Emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) provenientes de solos agrícolas, estimativas Brasil, 1989-1995.Emissões de N<sub>2</sub>O a partir de fontes diretas de solos agrícolas..

Região	Estado	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<b>Norte</b>		<b>10,70</b>	<b>8,32</b>	<b>9,20</b>	<b>9,68</b>	<b>10,76</b>	<b>11,76</b>	<b>12,81</b>
	Rondonia	2,81	2,22	2,34	2,74	3,08	3,74	3,55
	Acre	0,59	0,59	0,67	0,64	0,64	0,70	0,67
	Amazonas	0,23	0,18	0,18	0,16	0,17	0,18	0,21
	Roraima	0,10	0,10	0,16	0,18	0,13	0,27	0,40
	Pará	4,35	3,55	3,78	3,69	4,60	4,62	5,47
	Amapá	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
	Tocantins	2,59	1,67	2,07	2,26	2,11	2,24	2,50
<b>Nordeste</b>		<b>11,78</b>	<b>10,48</b>	<b>11,76</b>	<b>11,36</b>	<b>9,35</b>	<b>12,18</b>	<b>12,83</b>
	Maranhão	0,95	0,69	0,88	0,68	0,93	1,14	1,16
	Piauí	0,72	0,66	0,84	0,57	0,51	0,67	0,74
	Ceará	1,04	0,98	1,20	1,13	0,84	1,08	1,12
	Rio G. do Norte	0,40	0,33	0,45	0,38	0,24	0,39	0,41
	Paraíba	1,05	0,82	0,89	0,82	0,37	0,62	0,71
	Pernambuco	2,25	2,19	2,29	2,35	1,62	2,08	2,14
	Alagoas	2,09	2,20	1,95	2,02	1,30	1,99	2,06
	Sergipe	0,52	0,47	0,46	0,40	0,43	0,45	0,36
	Bahia	2,76	2,14	2,81	3,00	3,11	3,76	4,13
<b>Sudeste</b>		<b>28,01</b>	<b>26,17</b>	<b>29,01</b>	<b>29,78</b>	<b>30,83</b>	<b>34,03</b>	<b>33,95</b>
	Minas Gerais	7,74	6,91	9,32	9,37	9,95	10,57	10,70
	Espirito Santo	1,04	0,93	0,95	1,06	1,19	1,33	1,33
	Rio de Janeiro	1,31	0,92	1,03	1,03	0,97	0,91	0,91
	São Paulo	17,92	17,41	17,72	18,33	18,72	21,19	21,01
<b>Sul</b>		<b>41,19</b>	<b>39,24</b>	<b>31,33</b>	<b>40,02</b>	<b>44,79</b>	<b>45,76</b>	<b>47,22</b>
	Paraná	14,58	13,31	11,85	12,59	15,25	16,47	16,99
	Santa Catarina	4,41	4,22	3,64	4,39	4,67	4,87	4,98
	Rio G. do Sul	22,21	21,71	15,83	23,04	24,88	24,42	25,26
<b>C. Oeste</b>		<b>19,23</b>	<b>14,62</b>	<b>14,76</b>	<b>16,49</b>	<b>18,88</b>	<b>21,98</b>	<b>22,04</b>
	M. G Sul	5,84	4,35	4,19	4,04	5,06	5,58	5,73
	M. Grosso	6,70	5,39	4,97	6,54	7,44	9,62	9,84
	Goiás	6,45	4,71	5,38	5,71	6,19	6,56	6,23
	Distrito Federal	0,24	0,17	0,21	0,21	0,20	0,23	0,23
<b>Brasil</b>		<b>110,92</b>	<b>98,83</b>	<b>96,06</b>	<b>107,33</b>	<b>114,61</b>	<b>125,72</b>	<b>128,85</b>

Unidade: Gg.

### Emissões totais de N<sub>2</sub>O. Brasil, 1989-1995.

Região	Estado	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<b>Norte</b>		<b>37,65</b>	<b>36,44</b>	<b>40,41</b>	<b>41,92</b>	<b>46,11</b>	<b>48,37</b>	<b>51,80</b>
	Rondônia	5,98	5,58	7,72	8,07	9,43	10,44	11,08
	Acre	1,35	1,37	1,46	1,45	1,52	1,62	1,60
	Amazonas	1,48	1,45	1,46	1,43	1,54	1,67	1,82
	Roraima	0,92	0,86	0,87	0,90	0,78	0,86	0,96
	Pará	16,98	16,94	17,99	18,63	20,43	20,74	22,66
	Amapá	0,30	0,30	0,30	0,29	0,42	0,48	0,50
	Tocantins	10,64	9,95	10,60	11,15	11,99	12,57	13,18
<b>Nordeste</b>		<b>90,68</b>	<b>90,20</b>	<b>93,15</b>	<b>93,31</b>	<b>79,33</b>	<b>83,68</b>	<b>85,98</b>
	Maranhão	10,32	10,25	10,43	10,08	10,47	10,84	10,95
	Piauí	9,13	9,41	9,95	9,59	9,35	9,76	10,15
	Ceará	9,83	9,70	10,01	9,92	8,32	8,84	9,10
	Rio G. do Norte	3,27	2,99	3,17	3,02	2,00	2,39	2,66
	Paraíba	5,32	4,77	4,83	4,77	3,17	3,64	4,01
	Pernambuco	9,70	9,66	9,78	9,68	6,95	7,90	8,15
	Alagoas	4,44	4,56	4,42	4,52	3,33	4,24	4,33
	Sergipe	2,77	2,78	2,80	2,78	2,50	2,34	2,20
	Bahia	35,90	36,08	37,76	38,93	33,25	33,73	34,42
<b>Sudeste</b>		<b>104,71</b>	<b>102,88</b>	<b>106,30</b>	<b>108,56</b>	<b>110,80</b>	<b>114,98</b>	<b>114,42</b>
	Minas Gerais	48,36	47,83	50,61	51,30	52,15	52,51	51,81
	Espírito Santo	4,56	4,38	4,57	4,80	5,24	5,47	5,61
	Rio de Janeiro	5,30	4,87	5,01	5,12	5,08	5,11	4,88
	São Paulo	46,49	45,79	46,10	47,33	48,34	51,90	52,11
<b>Sul</b>		<b>97,65</b>	<b>95,51</b>	<b>87,78</b>	<b>97,31</b>	<b>103,37</b>	<b>106,32</b>	<b>107,33</b>
	Paraná	32,77	31,32	29,88	30,85	34,20	36,05	37,15
	Santa Catarina	11,12	11,01	10,62	11,43	11,82	12,09	12,23
	Rio G. do Sul	53,76	53,18	47,28	55,03	57,34	58,18	57,95
<b>C. Oeste</b>		<b>100,69</b>	<b>100,62</b>	<b>104,79</b>	<b>107,85</b>	<b>117,04</b>	<b>122,65</b>	<b>125,60</b>
	M. G Sul	38,72	39,78	40,35	41,78	45,63	47,20	47,41
	M. Grosso	22,63	22,31	23,49	25,57	29,43	33,55	36,46
	Goiás	38,86	38,12	40,50	40,06	41,50	41,39	41,19
	Distrito Federal	0,48	0,41	0,44	0,45	0,47	0,50	0,54
<b>Brasil</b>		<b>431,38</b>	<b>425,67</b>	<b>432,43</b>	<b>448,94</b>	<b>456,65</b>	<b>475,99</b>	<b>485,11</b>

Unidade: Gg.

Fonte:, EMBRAPA,(2006).

## ANEXO B

### Dados Climatológicos da Zona de Estudo.

#### 1. Sumário da temperatura e precipitação mensal em 2009.

Mês	Temperatura (°C)	Precipitação	Acumulada
		Média mensal (mm)	
Janeiro	27,10	0,99	29,8
Fevereiro	26,55	1,59	44,5
Março	27,75	0,27	8,0
Abril	26,40	3,39	101,8
Maio	24,23	8,17	236,8
Junho	23,25	3,10	93,1
Julho	23,20	3,57	107,0
Agosto	23,51	2,38	66,5
Setembro	25,16	1,80	50,3
Outubro	25,77	2,60	80,6
Novembro	27,45	0,22	6,3
Dezembro	28,13	0,46	13,8
<b>Média anual</b>	<b>25,71</b>	<b>2,38</b>	<b>69,9</b>
<b>Média Outubro-Março</b>	<b>27,12</b>	<b>1,02</b>	<b>30,5</b>
<b>Média Abril-Setembro</b>	<b>24,29</b>	<b>3,73</b>	<b>109,3</b>

## 2. Dados da temperatura e precipitação dos meses novembro e dezembro de 2009.

Consulta Dados da Estação Convencional: CRUZ DAS ALMAS (BA)

**Temperatura Máxima:** é colhida às 00 UTC do dia **Temperatura Mínima:** é colhida às 12 UTC do dia  
**Chuva:** é o acumulado das últimas 24h - colhida às 12 UTC **Nebulosidade:** é a quantidade de cobertura de nuvens em unidade de 1/10 do céu

### Novembro

Data	Hora	Temperatura	Umidade	Pressão	Vento		Nebulosidade	Dados diários		
					Vel. (m/s)	Dir. (°)		(Décimos)	Temperatura Máx. (°C)	Temperatura Mín. (°C)
01/11/2009	12	27.0	69	988.7	0.0	9	6		22.3	0.0
01/11/2009	18	30.0	56	986.3	0.0	9	4			
02/11/2009	12	26.6	72	990.8	0.0	14	8		21.9	0.0
02/11/2009	18	29.6	55	987.3	0.0	9	5			
03/11/2009	12	26.8	59	990.2	0.0	9	5		19.7	0.0
03/11/2009	18	29.6	56	986.6	0.0	9	1			
04/11/2009	12	26.2	71	990.7	0.0	9	6		21.0	0.5
04/11/2009	18	27.3	65	988.4	0.0	14	8			
05/11/2009	12	27.6	67	992.5	0.0	9	6		21.6	0.0
05/11/2009	18	27.3	70	990.3	0.0	14	8			
06/11/2009	12	26.7	70	991.8	0.0	9	8		22.3	2.0
06/11/2009	18	29.0	53	988.3	0.0	14	3			
07/11/2009	12	27.9	59	990.0	0.0	5	8		21.7	0.0
07/11/2009	18	29.9	56	986.9	0.0	14	3			
08/11/2009	12	27.6	62	989.7	0.0	9	8		21.5	0.0
08/11/2009	18	30.8	52	985.4	0.0	14	3			
09/11/2009	12	25.9	76	989.1	0.0	5	10		22.4	0.0
09/11/2009	18	31.2	51	985.5	0.0	18	3			
10/11/2009	12	27.9	56	989.7	0.0	9	6		21.9	0.0
10/11/2009	18	30.2	61	986.3	0.0	9	4			
11/11/2009	12	27.4	65	989.0	0.0	9	8		21.1	0.0
11/11/2009	18	28.8	55	985.1	0.0	9	4			
12/11/2009	12	27.2	60	988.6	0.0	5	6		19.7	0.0
12/11/2009	18	30.0	49	984.8	0.0	9	5			
13/11/2009	12	28.3	52	988.5	0.0	9	6		20.4	0.0
13/11/2009	18	29.9	55	985.6	0.0	18	3			
14/11/2009	12	27.0	66	989.9	0.0	5	9		0.0	0.0
14/11/2009	18	30.8	57	985.7	0.0	9	4			
15/11/2009	12	28.6	60	989.8	0.0	9	6		21.5	0.0
15/11/2009	18	31.8	44	984.9	0.0	9	4			
16/11/2009	12	28.1	59	987.8	0.0	5	8		21.2	0.0
16/11/2009	18	32.0	46	983.3	0.0	9	8			
17/11/2009	12	27.6	71	987.6	0.0	23	5		21.5	0.0
17/11/2009	18	30.6	58	985.7	0.0	9	4			
18/11/2009	12	29.2	60	989.6	0.0	9	8		22.8	0.0

Data	Hora	Temperatura	Umidade	Pressão	Vento		Nebulosidade	Dados diários		
					Vel. (m/s)	Dir. (°)		Temperatura Máx. (°C)	Temperatura Mín. (°C)	Chuva (mm)
18/11/2009	18	30.3	57	986.6	0.0	14	6			
19/11/2009	18	25.8	86	987.7	0.0	9	9			
20/11/2009	12	27.0	67	991.8	0.0	14	8		20.7	3.8
20/11/2009	18	30.6	49	988.1	0.0	9	5			
21/11/2009	12	28.0	59	992.7	0.0	9	8		21.7	0.0
21/11/2009	18	29.2	54	989.8	0.0	14	4			
22/11/2009	12	27.4	56	991.7	0.0	9	6		20.7	0.0
22/11/2009	18	29.8	55	988.6	0.0	14	4			
23/11/2009	12	26.0	78	989.2	0.0	14	8		21.9	0.0
23/11/2009	18	30.5	54	985.4	0.0	14	4			
24/11/2009	12	27.7	58	988.9	0.0	14	6		19.9	0.0
24/11/2009	18	31.9	41	984.8	0.0	14	3			
25/11/2009	12	27.8	62	989.3	0.0	5	8		22.3	0.0
25/11/2009	18	31.3	47	986.2	0.0	14	4			
26/11/2009	12	28.3	98	990.7	0.0	36	8		22.0	0.0
26/11/2009	18	31.8	49	987.7	0.0	14	8			
27/11/2009	12	27.9	55	991.1	0.0	9	6		21.1	0.0
27/11/2009	18	31.0	53	987.4	0.0	9	3			
28/11/2009	12	27.8	65	989.6	0.0	5	6		23.3	0.0
28/11/2009	18	32.3	50	986.0	0.0	9	4			
29/11/2009	12	28.6	56	989.8	0.0	9	6		22.3	0.0
29/11/2009	18	33.4	38	985.0	0.0	9	4			
30/11/2009	00	0.0	0	0.0	0.0	0	0	--		
30/11/2009	12	27.5	69	987.9	0.0	5	8		23.3	0.0
30/11/2009	18	34.5	39	983.7	0.0	14	3			

## Dezembro

Data	Hora	Temperatura	Umidade	Pressão	Vento	Nebulosidade	Dados diários	Data	Hora	Temperatura
	UTC	(°C)	(%)	(hPa)	Vel. (m/s)	Dir. (°)	(Décimos)		UTC	(°C)
01/12/2009	12	28.6	60	988.0	0.0	14	8		23.9	0.0
01/12/2009	18	31.3	51	984.1	0.0	18	9			
02/12/2009	12	28.4	60	989.0	0.0	23	8		22.7	0.0
02/12/2009	18	31.4	52	986.1	0.0	18	3			
03/12/2009	12	28.4	58	989.3	0.0	7	8		22.5	0.0
03/12/2009	18	30.8	52	985.3	0.0	19	4			
04/12/2009	12	27.0	0	988.6	0.0	7	9		22.5	0.0
04/12/2009	18	32.1	48	984.5	0.0	16	6			
05/12/2009	18	32.1	50	984.6	0.0	14	6			
06/12/2009	12	28.7	62	989.8	0.0	9	6		24.0	0.0
06/12/2009	18	30.1	59	987.4	0.0	10	5			
07/12/2009	12	28.6	66	989.7	0.0	9	8		23.7	0.3
07/12/2009	18	31.4	58	986.7	0.0	14	4			
08/12/2009	12	28.2	61	989.6	0.0	8	6		21.6	0.0
08/12/2009	18	32.2	44	985.9	0.0	12	5			
09/12/2009	12	27.5	60	989.7	0.0	18	9		22.1	0.0
09/12/2009	18	31.4	42	986.2	0.0	14	3			
10/12/2009	12	28.8	50	990.1	0.0	10	5		22.0	0.0
10/12/2009	18	30.7	54	987.0	0.0	9	4			
11/12/2009	12	28.2	59	990.3	0.0	32	6		22.1	0.0
11/12/2009	18	30.6	55	987.3	0.0	14	4			
12/12/2009	12	28.3	61	989.8	0.0	9	9		22.2	0.0
12/12/2009	18	32.0	47	985.9	0.0	14	5			
13/12/2009	12	27.8	65	988.4	0.0	5	8		22.9	0.0
13/12/2009	18	34.2	36	984.0	0.0	9	5			
14/12/2009	12	27.8	68	988.7	0.0	32	8		23.9	0.0
14/12/2009	18	32.2	50	985.5	0.0	14	3			
15/12/2009	12	29.0	59	989.9	0.0	14	6		22.5	0.7
15/12/2009	18	29.9	58	986.9	0.0	14	4			
16/12/2009	12	28.1	68	990.7	0.0	32	8		22.3	1.2
16/12/2009	18	30.3	50	988.0	0.0	14	4			
17/12/2009	12	28.1	72	990.6	0.0	9	8		23.7	2.8
17/12/2009	18	31.0	57	987.5	0.0	14	6			
18/12/2009	12	29.1	62	990.6	0.0	9	5		23.3	0.0
18/12/2009	18	31.8	53	988.1	0.0	14	4			
19/12/2009	12	28.2	64	990.9	0.0	9	6		21.9	0.0
19/12/2009	18	31.5	55	988.2	0.0	18	5			
20/12/2009	12	28.6	57	991.7	0.0	18	8		23.5	0.0
20/12/2009	18	29.8	51	989.6	0.0	18	8			
21/12/2009	12	26.4	80	992.0	0.0	9	9		22.7	7.3

Data	Hora	Temperatura	Umidade	Pressão	Vento	Nebulosidade	Dados diários	Data	Hora	Temperatura
	UTC	(°C)	(%)	(hPa)	Vel. (m/s)	Dir. (°)	(Décimos)		UTC	(°C)
21/12/2009	18	29.6	58	989.7	0.0	18	9			
22/12/2009	12	27.6	68	992.1	0.0	9	9	23.1		0.0
22/12/2009	18	29.2	56	990.8	0.0	9	9			
23/12/2009	12	26.4	74	992.4	0.0	9	10	22.1		0.0
23/12/2009	18	30.4	51	989.5	0.0	18	8			
24/12/2009	12	27.8	64	993.6	0.0	7	8	22.0		0.0
24/12/2009	18	32.7	30	987.7	0.0	23	5			
25/12/2009	12	28.8	61	989.6	0.0	9	9	22.9		0.0
25/12/2009	18	33.1	41	984.5	0.0	23	6			
26/12/2009	12	23.6	93	990.1	0.0	27	10	23.1		1.4
26/12/2009	18	27.9	65	985.9	0.0	36	8			
27/12/2009	12	29.3	56	988.8	0.0	36	6	22.7		0.1
27/12/2009	18	34.7	38	984.3	0.0	33	5			
28/12/2009	12	28.7	66	988.3	0.0	5	6	24.5		0.0
28/12/2009	18	30.2	61	984.2	0.0	14	8			
29/12/2009	12	29.3	58	988.4	0.0	14	8	24.8		0.0
29/12/2009	18	31.0	60	984.2	0.0	9	8			
30/12/2009	12	27.8	64	988.4	0.0	9	8	23.2		0.0
30/12/2009	18	32.8	44	984.2	0.0	14	6			
31/12/2009	00	0.0	0	0.0	0.0	0	0	--		
31/12/2009	12	26.9	69	988.3	0.0	23	9	23.0		0.0
31/12/2009	18	32.9	45	985.4	0.0	18	8			

Fonte: IMET, Instituto nacional de meteorologia. Consulta Dados da Estação Convencional: Cruz das Almas (BA). Disponível em <http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php>, 2009



## ANEXO C

### Ficha de Campo, Leituras e Calculos de Fluxos de N<sub>2</sub>O. Cultura de Mamona.

#### 1. Variabilidade diurna da emissão de N<sub>2</sub>O.

<b>UFBA-LAQUAM</b>		Cultura: Mamona	Data: 19-11-2009	Latitude: S 12° 39' 35,7"				
<b>PROJETO N2O</b>		Subárea: Camalhão	Período amostragem: Verão	Longitude: WO 39° 04' 53"				
<b>FICHA DE CAMPO</b>		No.: 2		Altitude: 500 msnm				
<b>Estudo</b>	<b>Local</b>	<b>Estação</b>	<b>Condições meteorológicas do dia</b>					
Variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O	Campo agrícola experimental UFRB	INMET/Estação Automática Cruz das Almas	sol <input checked="" type="checkbox"/>	c/nuven <input type="checkbox"/>	s/nuven <input type="checkbox"/>	chuvosso <input type="checkbox"/>	chuvisco <input type="checkbox"/>	
			nublado <input type="checkbox"/>	brisa <input type="checkbox"/>	vento forte <input type="checkbox"/>	Intensidade (h) <input type="checkbox"/>	forte <input type="checkbox"/>	
<b>Parâmetros de coleta por câmara.</b>			<b>Observações</b>					
Inserir a base metálica 10 cm no solo com 24h de antecipação à coleta.								
Adicionar 600ml de água para selagem da câmara-base metálica.								
Tempo de coleta: 1:30 horas = 90min.								
<b>Câmara No. 2</b>	<b>Hora</b>	<b>T° Ambiente</b>	<b>T° Interna da câmara</b>	<b>T° solo 10cm</b>	<b>Área</b>	<b>Concentração (ppb)</b>	<b>Concentração (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fluxo (µgN<sub>2</sub>Om<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>)</b>
To	06:00	23,5	26,7	31,5	27190	169,20	304,49	4,91
T1	07:30	23,5	28,2	31,5	29350	182,83	329,03	
To	08:05	23,1	30,7	32	27621	171,92	309,39	5,71
T1	09:30	23,3	32,6	32,5	30135	187,79	337,94	
To	10:10	23,8	34	33,5	27758	172,79	310,95	16,20
T1	11:40	25,9	37,2	35	34889	217,79	391,94	
To	12:15	26,4	38	36,5	28938	180,23	324,35	16,12
T1	13:45	26,8	36,9	38,1	36036	225,03	404,97	
To	14:20	29	36,2	38	32683	203,87	366,89	6,32
T1	15:50	31,4	32,1	37,5	35464	221,42	398,47	
To	16:25	29,3	29,8	36,5	31501	196,41	353,46	5,50
T1	17:55	29	28,6	35	33920	211,68	380,94	

Conversão de (ppb) a (µg/m<sup>3</sup>) = 0,0409 x concentração (ppb) x peso molecular. Fator de conversão: 1,7996.

<b>UFBA-LAQUAM</b>		Cultura: Mamona	Data: 22-11-2009	Latitude: S 12° 39' 35,7"				
<b>PROJETO N2O</b>		Subárea: Camalhão	Período amostragem: Verão	Longitude: WO 39° 04' 53"				
<b>FICHA DE CAMPO</b>		No.: 1		Altitude: 500 msnm				
<b>Estudo</b>	<b>Local</b>	<b>Estação</b>	<b>Condições meteorológicas do dia</b>					
Variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O	Campo agrícola experimental UFRB	INMET/Estação Automática Cruz das Almas	sol <input checked="" type="checkbox"/>	c/nuve <input type="checkbox"/>	s/nuven <input type="checkbox"/>	chuvosso <input type="checkbox"/>	chuvisco <input type="checkbox"/>	
			nublado <input type="checkbox"/>	brisa <input type="checkbox"/>	vento forte <input type="checkbox"/>	Intensidade (h) <input type="checkbox"/>	forte <input type="checkbox"/>	
<b>Parâmetros de coleta por câmara.</b>			<b>Observações</b>					
Inserir a base metálica 10 cm no solo com 24h de antecipação à coleta.								
Adicionar 600ml de água para selagem da câmara-base metálica.								
Tempo de coleta: 1:30 horas = 90min.								
<b>Câmara No. 1</b>	<b>Hora</b>	<b>T° Ambiente</b>	<b>T° Interna da câmara</b>	<b>T° solo 10cm</b>	<b>Área</b>	<b>Concentração (ppb)</b>	<b>Concentração (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fluxo (µgN<sub>2</sub>Om<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>)</b>
To	06:00	20,7	27,4	28	30750	191,67	344,93	4,67
T1	07:30	20,5	28,9	29	32806	204,65	368,28	
To	08:05	20,3	32,3	29,7	31501	196,41	353,46	6,99
T1	09:30	21,4	33	33	34577	215,82	388,40	
To	10:10	24,2	33,7	34,5	32424	202,24	363,94	10,97
T1	11:40	26	36,5	36	37252	232,71	418,78	
To	12:15	28,2	38,1	36,6	34005	212,21	381,90	13,22
T1	13:45	29,4	39,5	37	39826	248,95	448,02	
To	14:20	30,3	37,7	38,5	35375	220,86	397,46	4,21
T1	15:50	30,4	36,3	39	37229	232,56	418,52	
To	16:25	30,1	31,9	38	35116	219,23	394,52	4,01
T1	17:55	30,7	29,5	37,5	36881	230,37	414,57	

Conversão de (ppb) a (µg/m<sup>3</sup>) = 0,0409 x concentração (ppb) x peso molecular. Fator de conversão: 1,7996.

## 2. Variabilidade temporal da emissão de N<sub>2</sub>O.

Data: 22/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Camelhão 1	06:00	20,7	27,4	28	30750	191,67	344,93	4,67
	07:30	20,5	28,9	29	32806	204,65	368,28	
Camelhão 1	12:15	28,2	38,1	36,6	34005	212,21	381,90	13,22
	13:45	29,4	39,5	37	39826	248,95	448,02	
Data: 19/11/2009								
Sulco compactado	06:00	23,5	26,7	31,5	27190	169,20	304,49	4,91
	07:30	23,5	28,2	31,5	29350	182,83	329,03	
Sulco compactado	12:15	26,4	38	36,5	28938	180,23	324,35	16,12
	13:45	26,8	36,9	38,1	36036	225,03	404,97	

Data: 26/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Camelhão 1	06:00	22,4	24,3	30,1	3,78	33149	206,81	372,18	4,44
	07:30	21,8	29,1	30,5	3,86	35105	219,16	394,39	
Sulco compactado	06:00	22,4	24,6	31	5,09	32446	202,37	364,19	4,50
	07:30	21,8	30,5	31	5	34425	214,87	386,67	
Camelhão 2	06:00	22,4	24,4	31	3,41	34589	215,90	388,53	2,92
	07:30	21,8	29,1	32	4,41	35873	224,00	403,12	
Camelhão 1	12:15	26,3	39,1	34	3,97	33596	209,63	377,26	12,60
	13:45	29,8	36,2	36	3,39	39144	244,65	440,27	
Sulco compactado	12:15	26,3	38,6	37,3	4,58	33645	209,94	377,81	10,46
	13:45	29,8	37,1	39	5	38249	239,00	430,11	
Camelhão 2	12:15	26,3	39,7	37	3,2	34070	212,62	382,64	8,81
	13:45	29,8	36,7	39	3,37	37947	237,09	426,67	

Data: 27/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Camelhão 1	06:00	20,8	24,2	30	4,04	31810	198,36	356,97	4,51
	07:30	20,8	31	32	4,87	33794	210,88	379,50	
Sulco compactado	06:00	20,8	25,2	30	4,71	31602	197,05	354,61	12,57
	07:30	20,8	32,3	33	5,11	37136	231,98	417,46	
Camelhão 2	06:00	20,8	25,7	29	3,8	33707	210,33	378,52	6,01
	07:30	20,8	31,1	30	3,5	36352	227,03	408,56	
Camelhão 1	12:15	25,8	40,2	34,5	4,36	34360	214,45	385,93	10,38
	13:45	28,4	39,2	36,5	4,87	38928	243,29	437,82	
Sulco compactado	12:15	25,8	42	35,5	4,67	34531	215,53	387,88	19,78
	13:45	28,4	39,9	38	4,93	43238	270,49	486,77	
Camelhão 2	12:15	25,8	40,7	34,5	3,84	32280	201,33	362,31	17,20
	13:45	28,4	41,7	39	4,14	39853	249,12	448,32	

Data: 29/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Camelhão 1	06:00	22,2	25,1	30,6	4,6	31593	196,99	354,50	6,32
	07:30	22,4	30,5	31,3	3,71	34373	214,54	386,08	
Sulco compactado	06:00	22,2	27	31	5,66	31864	198,70	357,58	4,96
	07:30	22,4	32,3	32	4,6	34048	212,49	382,39	
Camelhão 2	06:00	22,2	26,4	31	3,58	31304	195,17	351,22	7,36
	07:30	22,4	30,8	33	3,67	34543	215,61	388,01	
Camelhão 1	12:15	25,8	41,8	35,4	3,89	32122	200,33	360,51	11,87
	13:45	29,9	41,7	37	3,33	37346	233,30	419,85	
Sulco compactado	12:15	25,8	42,2	37	4,71	32340	201,71	362,99	9,56
	13:45	29,9	43,1	42,5	5	36549	228,27	410,80	
Camelhão 2	12:15	25,8	40,9	38	3,61	32396	202,06	363,63	11,45
	13:45	29,9	41,6	42	3,07	37436	233,87	420,87	

# ANEXO D

## Estatísticas dos Dados da Cultura de Mamona

### Estatística descritiva temperaturas e umidade

*Descriptive Statistics*

	N total	Mean	Standard Deviation	Lower 95% CI of Mean	Upper 95% CI of Mean	Sum	Coefficient of Variation	Minimum	Median	Maximum
T.amb Cam	14	24,65714	3,26172	22,77388	26,5404	345,2	0,13228	20,6	24,7	28,2
T.soloCam	14	33,71429	3,58514	31,64429	35,78428	472	0,10634	28,5	33,5	40
umidadeCam	12	3,8425	0,40625	3,58438	4,10062	46,11	0,10573	3,28	3,75	4,61
T.amb:sul	8	24,7875	2,91851	22,34757	27,22743	198,3	0,11774	20,8	25,05	28,05
T.solosul	8	34,68125	3,64054	31,63769	37,72481	277,45	0,10497	31	34,125	39,75
umidadesul	6	4,92083	0,13858	4,7754	5,06626	29,525	0,02816	4,79	4,88	5,13

### Estatística descritiva fluxos

*Descriptive Statistics*

	N total	Mean	Standard Deviation	Lower 95% CI of Mean	Upper 95% CI of Mean	Sum	Coefficient of Variation	Minimum	Median	Maximum
Camalhão	14	8,69636	4,19272	6,27555	11,11716	121,74901	0,48212	2,9168	8,08253	17,20319
Entrelinha	8	10,3573	5,6158	5,66238	15,05222	82,85838	0,54221	4,49559	10,01002	19,77924

### Teste Shapiro-Wilk subárea fileira

*Normality Test*

*Shapiro-Wilk*

	DF	Statistic	Prob<W
T.ambiente	8	0,82405	0,05146
T.solo	8	0,88122	0,19343
T.câmara	8	0,79779	0,02711
Fluxo	8	0,89105	0,23933

T.ambiente: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.solo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.câmara: At the 0.05 level, the data was not significantly drawn from a normally distributed population  
Fluxo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population

### Teste Shapiro-Wilk subárea entrelinha

*Normality Test*

*Shapiro-Wilk*

	DF	Statistic	Prob<W
T.ambiente	8	0,87455	0,16689
T.solo	8	0,8177	0,04413
T.câmara	8	0,85214	0,10013
Fluxo	8	0,91057	0,35807

T.ambiente: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.solo: At the 0.05 level, the data was not significantly drawn from a normally distributed population  
T.câmara: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
Fluxo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population

### Teste correlação de Pearson subárea fileira

*Pearson Correlations*

		T.ambiente	T.solo	T.câmara	Fluxo
T.ambiente	Pearson Corr.	1	0,9356	0,90304	0,78632
	Sig.	--	6,36032E-4	0,00212	0,02065
T.solo	Pearson Corr.	0,9356	1	0,97048	0,82108
	Sig.	6,36032E-4	--	6,29269E-5	0,01247
T.câmara	Pearson Corr.	0,90304	0,97048	1	0,8068
	Sig.	0,00212	6,29269E-5	--	0,01552
Fluxo	Pearson Corr.	0,78632	0,82108	0,8068	1
	Sig.	0,02065	0,01247	0,01552	--

2-tailed test of significance is used

### Teste correlação de Pearson subárea entrelinha

*Pearson Correlations*

		T.ambiente	T.solo	T.câmara	Fluxo
T.ambiente	Pearson Corr.	1	0,84795	0,8932	0,82538
	Sig.	--	0,00782	0,00281	0,01163
T.solo	Pearson Corr.	0,84795	1	0,98021	0,84763
	Sig.	0,00782	--	1,908E-5	0,00786
T.câmara	Pearson Corr.	0,8932	0,98021	1	0,88871
	Sig.	0,00281	1,908E-5	--	0,00316
Fluxo	Pearson Corr.	0,82538	0,84763	0,88871	1
	Sig.	0,01163	0,00786	0,00316	--

2-tailed test of significance is used

# ANEXO E

## Ficha de Campo, Leituras e Calculos de Fluxos de N<sub>2</sub>O. Cultura de Girassol.

### 1. Variabilidade diurna da emissão de N<sub>2</sub>O.

UFBA-LAQUAM		Cultura: Girassol	Data: 19-11-2009	Latitude: S 12° 39' 35,7"								
PROJETO N2O		Subárea: Sulco	Período amostragem: Verão	Longitude: WO 39° 04' 53"								
FICHA DE CAMPO		No.: 1		Altitude: 500 msnm								
Estudo	Local	Estação	Condições meteorológicas do dia									
Variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O	Campo agrícola experimental UFRB	INMET/Estação Automática Cruz das Almas	sol	<input checked="" type="checkbox"/>	c/nuve	<input type="checkbox"/>	s/nuven	<input type="checkbox"/>	chuvosso	<input type="checkbox"/>	chuvisco	<input type="checkbox"/>
			nublado	<input type="checkbox"/>	brisa	<input type="checkbox"/>	vento forte	<input type="checkbox"/>	Intensidade (h)	<input type="checkbox"/>	forte	<input type="checkbox"/>
Parâmetros de coleta por câmara.			Observações									
Inserir a base metálica 10 cm no solo com 24h de antecipação à coleta. Adicionar 600ml de água para selagem da câmara-base metálica. Tempo de coleta: 1:30 horas = 90min.												
Câmara No. 1	Hora	T° Ambiente	T° Interna da câmara	T° solo 10cm	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )				
To	06:00	23,5	25,7	30,7	29929	186,49	335,60	5,65				
T1	07:30	23,5	26,7	31,5	32417	202,19	363,86					
To	08:05	23,1	29,9	31,5	30820	192,11	345,72	8,46				
T1	09:30	23,3	31,1	31,8	34542	215,60	388,00					
To	10:10	23,8	36,3	32	31145	194,16	349,42	10,60				
T1	11:40	25,9	36,7	32,8	35812	223,62	402,43					
To	12:15	26,4	36,3	33,5	31402	195,79	352,34	10,34				
T1	13:45	26,8	35,9	34	35952	224,50	404,02					
To	14:20	29	35,1	35	32456	202,44	364,31	3,84				
T1	15:50	31,4	32,7	34	34148	213,12	383,52					
To	16:25	29,3	29,2	33,6	31798	198,28	356,83	1,84				
T1	17:55	29	27,5	34	32607	203,39	366,02					

Conversão de (ppb) a (µg/m<sup>3</sup>) = 0,0409 x concentração (ppb) x peso molecular. Fator de conversão: 1,7996.

UFBA-LAQUAM		Cultura: Girassol	Data: 19-11-2009	Latitude: S 12° 39' 35,7"								
PROJETO N2O		Subárea: Entrelinha	Período amostragem: Verão	Longitude: WO 39° 04' 53"								
FICHA DE CAMPO		No.: 2		Altitude: 500 msnm								
Estudo	Local de amost	Estação metereol	Condições meteorológicas do dia									
Variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O	Campo agrícola experimental UFRB	INMET/Estação Automática Cruz das Almas	sol	<input checked="" type="checkbox"/>	c/nuven	<input type="checkbox"/>	s/nuvens	<input type="checkbox"/>	chuvosso	<input type="checkbox"/>	chuvisco	<input type="checkbox"/>
			nublado	<input type="checkbox"/>	brisa	<input type="checkbox"/>	vento forte	<input type="checkbox"/>	Intensidade (h)	<input type="checkbox"/>	forte	<input type="checkbox"/>
Parâmetros de coleta por câmara.			Observações									
Inserir a base metálica 10 cm no solo com 24h de antecipação à coleta. Adicionar 600ml de água para selagem da câmara-base metálica. Tempo de coleta: 1:30 horas = 90min.												
Câmara No. 2	Hora	T° Ambiente	T° Interna da câmara	T° solo 10cm	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )				
To	06:00	23,5	24,9	28,75	32772	204,43	367,90	0,33				
T1	07:30	23,5	25,9	29	32916	205,34	369,53					
To	08:05	23,1	29,1	29,25	27293	169,85	305,66	6,16				
T1	09:30	23,3	30,4	30	30006	186,97	336,48					
To	10:10	23,8	34,1	31,5	28243	175,85	316,45	9,06				
T1	11:40	25,9	36,3	31,5	32230	201,01	361,74					
To	12:15	26,4	34,9	33	28433	177,05	318,61	12,36				
T1	13:45	26,8	35,9	34,25	33875	211,39	380,42					
To	14:20	29	34,5	34,5	30622	190,86	343,48	5,48				
T1	15:50	31,4	31,9	33,75	33035	206,09	370,88					
To	16:25	29,3	28,9	32,75	31686	197,58	355,56	4,19				
T1	17:55	29	27	32	33529	209,21	376,49					

Conversão de (ppb) a (µg/m<sup>3</sup>) = 0,0409 x concentração (ppb) x peso molecular. Fator de conversão: 1,7996.

## 2. Variabilidade temporal da emissão de N<sub>2</sub>O.

Data: 19/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Sulco de plantio	06:00	23,5	25,7	30,7	29929	186,49	335,60	<b>5,65</b>
	07:30	23,5	26,7	31,5	32417	202,19	363,86	
Sulco de plantio	12:15	26,4	36,3	33,5	31402	195,79	352,34	<b>10,34</b>
	13:45	26,8	35,9	34	35952	224,50	404,02	
Entrelinha	06:00	23,5	24,9	28,75	32772	204,43	367,90	<b>0,33</b>
	07:30	23,5	25,9	29	32916	205,34	369,53	
Entrelinha	12:15	26,4	34,9	33	28433	177,05	318,61	<b>12,36</b>
	13:45	26,8	35,9	34,25	33875	211,39	380,42	

Data: 23/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Linha 1	06:00	21,7	26,6	31,5	2,63	33292,00	207,71	373,80	<b>7,79</b>
	07:30	21,6	30,7	31,5	2,56	36721,00	229,36	412,75	
Área compactada	06:00	21,7	25,9	33,5	3,48	35005,00	218,53	393,26	<b>2,41</b>
	07:30	21,6	30,3	30,7	3,2	36064,00	225,21	405,29	
Linha 2	06:00	21,7	26,7	31,5	4,14	34654,00	216,31	389,27	<b>6,16</b>
	07:30	21,6	30,8	31,5	3,67	37367,00	233,43	420,09	
Linha 1	12:15	26	40,5	33,5	3,52	37369,00	233,45	420,11	<b>8,94</b>
	13:45	27,4	39	35,4	4,93	41304,00	258,28	464,80	
Área compactada	12:15	26	39,9	35	3,5	37110,00	231,81	417,17	<b>11,34</b>
	13:45	27,4	39,1	37,5	2,94	42101,00	263,31	473,86	
Linha 2	12:15	26	42,8	35	2,88	37159,00	232,12	417,72	<b>8,28</b>
	13:45	27,4	39,9	37	2,9	40806,00	255,14	459,15	

Data: 24/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Linha 1	06:00	20,6	26,3	30	2,54	32926	205,40	369,65	<b>7,88</b>
	07:30	20,2	30,4	30,8	3,09	36393	227,29	409,02	
Área compactada	06:00	20,6	25,5	29,2	3,14	33818	211,03	379,78	<b>4,26</b>
	07:30	20,2	30,5	31	3,37	35693	222,87	401,07	
Linha 2	06:00	20,6	25,1	29,5	4,04	32432	202,29	364,03	<b>7,62</b>
	07:30	20,2	30,1	30	4,12	35785	223,45	402,12	
Linha 1	12:15	25,4	41,5	36	3,05	37694	235,50	423,80	<b>9,84</b>
	13:45	28,2	39,7	38,5	2,27	42025	262,83	472,99	
Área compactada	12:15	25,4	42,2	36	3,05	37416	233,74	420,64	<b>9,52</b>
	13:45	28,2	41,6	38	3,05	41607	260,19	468,25	
Linha 2	12:15	25,4	42,1	35	3,18	38141	238,32	428,88	<b>9,99</b>
	13:45	28,2	40,1	36	3,73	42537	266,06	478,81	

Data: 25/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Linha 1	06:00	22,8	25,2	30	2,86	32589	203,28	365,41	<b>5,32</b>
	07:30	22	31,5	31	3,44	34932	218,07	391,99	
Área compactada	06:00	22,8	25,2	30,5	3,31	33472	208,85	375,43	<b>3,02</b>
	07:30	22	31,2	31	3,84	34802	217,24	390,52	
Linha 2	06:00	22,8	26,1	30	4,38	32225	200,98	361,28	<b>4,64</b>
	07:30	22	29,6	30,2	4,34	34268	213,87	384,46	
Linha 1	12:15	27,6	41,4	36	2,23	34502	215,35	387,12	<b>13,72</b>
	13:45	29,5	40,7	38,5	2,5	40548	253,51	455,71	
Área compactada	12:15	27,6	41,7	36	3,37	33165	206,91	371,95	<b>10,49</b>
	13:45	29,5	42,2	38	3,63	37788	236,09	424,40	
Linha 2	12:15	27,6	40,1	35	3,28	35292	220,34	396,08	<b>14,32</b>
	13:45	29,5	41	36,4	3,67	41603	260,17	467,68	

# ANEXO F

## Estatísticas dos Dados da Cultura de Girassol

### Estatística descritiva temperaturas e umidade

*Descriptive Statistics*

	N total	Mean	Standard Deviation	Lower 95% CI of Mean	Upper 95% CI of Mean	Sum	Coefficient of Variation	Minimum	Median	Maximum
T.amb plant	14	24,52143	3,00517	22,7863	26,25656	343,3	0,12255	20,4	25,05	28,6
T.solo plant	14	33,84286	3,61061	31,75815	35,92756	473,8	0,10669	29,8	32,65	39,8
umidade plant	12	3,33417	0,68745	2,89738	3,77095	40,01	0,20618	2,37	3,305	4,36
T.amb:sul	8	24,5875	2,96042	22,11253	27,06247	196,7	0,1204	20,4	25,05	28,6
T.solosul	8	33,875	4,27275	30,30289	37,44711	271	0,12613	28,9	32,9	41,4
umidade sul	6	3,325	0,19326	3,12219	3,52781	19,95	0,05812	3,05	3,3	3,58

### Estatística descritiva fluxos

*Descriptive Statistics*

	N total	Mean	Standard Deviation	Lower 95% CI of Mean	Upper 95% CI of Mean	Sum	Coefficient of Variation	Minimum	Median	Maximum
Plantio	14	8,60523	2,89411	6,93422	10,27624	120,47323	0,33632	4,63582	8,08025	14,32044
Entrelinha	8	6,7151	4,6974	2,78798	10,64222	53,72082	0,69953	0,32712	6,88991	12,36231

### Teste Shapiro-Wilk subárea fileira

*NormalityTest*

*Shapiro-Wilk*

	DF	Statistic	Prob<W
T.ambiente	8	0,91565	0,39556
T.solo	8	0,87213	0,15811
T.câmara	8	0,80389	0,0315
Fluxo	8	0,95349	0,74633

T.ambiente: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.solo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.câmara: At the 0.05 level, the data was not significantly drawn from a normally distributed population  
Fluxo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population

### Teste Shapiro-Wilk subárea entrelinha

*NormalityTest*

*Shapiro-Wilk*

	DF	Statistic	Prob<W
T.ambiente	8	0,91565	0,39556
T.solo	8	0,89846	0,27988
T.câmara	8	0,84471	0,08416
Fluxo	8	0,88815	0,22493

T.ambiente: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.solo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.câmara: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
Fluxo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population

### Teste correlação de Pearson subárea fileira

*Pearson Correlations*

		T.ambiente	T.solo	T.câmara	Fluxo
T.ambiente	Pearson Corr.	1	0,9356	0,90304	0,78632
	Sig.	--	6,36032E-4	0,00212	0,02065
T.solo	Pearson Corr.	0,9356	1	0,97048	0,82108
	Sig.	6,36032E-4	--	6,29269E-5	0,01247
T.câmara	Pearson Corr.	0,90304	0,97048	1	0,8068
	Sig.	0,00212	6,29269E-5	--	0,01552
Fluxo	Pearson Corr.	0,78632	0,82108	0,8068	1
	Sig.	0,02065	0,01247	0,01552	--

2-tailed test of significance is used

### Teste correlação de Pearson subárea entrelinha

*Pearson Correlations*

		T.ambiente	T.solo	T.câmara	Fluxo
T.ambiente	Pearson Corr.	1	0,84795	0,8932	0,82538
	Sig.	--	0,00782	0,00281	0,01163
T.solo	Pearson Corr.	0,84795	1	0,98021	0,84763
	Sig.	0,00782	--	1,908E-5	0,00786
T.câmara	Pearson Corr.	0,8932	0,98021	1	0,88871
	Sig.	0,00281	1,908E-5	--	0,00316
Fluxo	Pearson Corr.	0,82538	0,84763	0,88871	1
	Sig.	0,01163	0,00786	0,00316	--

2-tailed test of significance is used

# ANEXO G

## Ficha de Campo, Leituras e Cálculos de Fluxos de N<sub>2</sub>O. Cultura de Aipim.

### 1. Variabilidade diurna da emissão de N<sub>2</sub>O.

<b>UFBA-LAQUAM</b>		Cultura: Aipim		Data: 22-11-2009		Latitude: S 12° 39' 35,7"			
<b>PROJETO N2O</b>		Subárea: Cova		Período amostragem: Verão		Longitude: WO 39° 04' 53"			
<b>FICHA DE CAMPO</b>		No.: 1				Altitude: 500 msnm			
<b>Estudo</b>	<b>Local</b>	<b>Estação</b>		<b>Codições meteorológicas do dia</b>					
Variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O	Campo agrícola familiar	INMET/Estação Automática Cruz das Almas		sol <input checked="" type="checkbox"/>	c/nuve <input type="checkbox"/>	s/nuven <input type="checkbox"/>	chuvosso <input type="checkbox"/>	chuvisco <input type="checkbox"/>	
				nublado <input type="checkbox"/>	brisa <input type="checkbox"/>	vento forte <input type="checkbox"/>		fraca <input type="checkbox"/>	
							Intensidade (h) <input type="text"/>	forte <input type="checkbox"/>	
<b>Parâmetros de coleta por câmara.</b>					<b>Observações</b>				
Inserir a base metálica 10 cm no solo com 24h de antecipação à coleta. Adicionar 600ml de água para selagem da câmara-base metálica. Tempo de coleta: 1:30 horas = 90min.									
<b>Câmara No. 1</b>	<b>Hora</b>	<b>T° Ambiente</b>	<b>T° Interna da câmara</b>	<b>T° solo 10cm</b>	<b>Área</b>	<b>Concentração (ppb)</b>	<b>Concentração (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fluxo (µgN<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)</b>	
To	06:00	20,7	23,4	28,5	31703	197,69	355,75	4,44	
T1	07:30	20,5	26,5	29,5	33659	210,03	377,97		
To	08:05	20,3	29,3	30,5	30754	191,70	344,98	10,32	
T1	09:30	21,4	33,1	31,5	35296	220,36	396,56		
To	10:10	24,2	35,3	33,3	31446	196,06	352,83	15,58	
T1	11:40	26	37,4	34	38304	239,35	430,73		
To	12:15	28,2	40,5	35,6	31940	199,18	358,45	16,23	
T1	13:45	29,4	41,5	37,5	39085	244,28	439,60		
To	14:20	30,3	41,9	36,5	32660	203,73	366,62	14,37	
T1	15:50	30,4	36,3	35,3	38986	243,65	438,48		
To	16:25	30,1	34,9	33,5	32398	202,07	363,65	12,76	
T1	17:55	30,7	27,7	32,8	38017	237,54	427,47		
Conversão de (ppb) a (µg/m <sup>3</sup> ) = 0,0409 x concentração (ppb) x peso molecular. Fator de conversão: 1,7996.									

<b>UFBA-LAQUAM</b>		Cultura: Aipim		Data: 22-11-2009		Latitude: S 12° 39' 35,7"			
<b>PROJETO N2O</b>		Subárea: Entrelinha		Período amostragem: Verão		Longitude: WO 39° 04' 53"			
<b>FICHA DE CAMPO</b>		No.: 2				Altitude: 500 msnm			
<b>Estudo</b>	<b>Local de amost</b>	<b>Estação metereol</b>		<b>Codições meteorológicas do dia</b>					
Variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O	Campo agrícola familiar	INMET/Estação Automática Cruz das Almas		sol <input checked="" type="checkbox"/>	c/nuven <input type="checkbox"/>	s/nuvens <input type="checkbox"/>	chuvosso <input type="checkbox"/>	chuvisco <input type="checkbox"/>	
				nublado <input type="checkbox"/>	brisa <input type="checkbox"/>	vento forte <input type="checkbox"/>		fraca <input type="checkbox"/>	
							Intensidade (h) <input type="text"/>	forte <input type="checkbox"/>	
<b>Parâmetros de coleta por câmara.</b>					<b>Observações</b>				
Inserir a base metálica 10 cm no solo com 24h de antecipação à coleta. Adicionar 600ml de água para selagem da câmara-base metálica. Tempo de coleta: 1:30 horas = 90min.									
<b>Câmara No. 2</b>	<b>Hora</b>	<b>T° Ambiente</b>	<b>T° Interna da câmara</b>	<b>T° solo 10cm</b>	<b>Área</b>	<b>Concentração (ppb)</b>	<b>Concentração (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fluxo (µgN<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)</b>	
To	06:00	20,7	23,1	28,5	34219	213,56	384,33	11,96	
T1	07:30	20,5	27,4	29	39485	246,80	444,14		
To	08:05	20,3	28,1	30	33756	210,64	379,07	12,10	
T1	09:30	21,4	32,4	32	39082	244,26	439,57		
To	10:10	24,2	34,2	33,2	34355	214,42	385,88	13,23	
T1	11:40	26	36,1	34,3	40177	251,17	452,00		
To	12:15	28,2	41,6	35,2	34800	217,23	390,93	19,90	
T1	13:45	29,4	40,3	35,8	43561	272,53	490,44		
To	14:20	30,3	39,9	35	35082	219,01	394,13	18,14	
T1	15:50	30,4	34,6	34,7	43066	269,40	484,82		
To	16:25	30,1	31,3	34	34458	215,07	387,05	14,31	
T1	17:55	30,7	27,7	33,4	40758	254,84	458,60		
Conversão de (ppb) a (µg/m <sup>3</sup> ) = 0,0409 x concentração (ppb) x peso molecular. Fator de conversão: 1,7996.									

## 2. Variabilidade temporal da emissão de N<sub>2</sub>O.

Data: 10/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Cova	12:10	27,6	42	38	35838	223,78	402,72	<b>11,30</b>
	13:40	28,8	41,3	39	40811	255,17	459,20	
Entrelinha	12:00	27	41,1	33,3	32013	199,64	359,28	<b>16,07</b>
	13:30	28,5	42,3	34,5	39087	244,29	439,62	
Data: 19/11/2009								
Cova 1	06:00	20,7	23,4	28,5	31703	197,69	355,75	<b>4,44</b>
	07:30	20,5	26,5	29,5	33659	210,03	377,97	
Cova 1	12:15	28,2	40,5	35,6	31940	199,18	358,45	<b>16,23</b>
	13:45	29,4	41,5	37,5	39085	244,28	439,60	
Data: 22/11/2009								
Entrelinha	06:00	20,7	23,1	28,5	34219	213,56	384,33	<b>11,96</b>
	07:30	20,5	27,4	29	39485	246,80	444,14	
Entrelinha	12:15	28,2	41,6	35,2	34800	217,23	390,93	<b>19,90</b>
	13:45	29,4	40,3	35,8	43561	272,53	490,44	

Data: 30/11/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Cova 1	06:00	23,8	27,1	27	1,94	29475,00	183,62	330,45	<b>8,80</b>
	07:30	23,9	28,6	30,8	2,08	33348,00	208,07	374,44	
Entrelinha	06:00	23,8	27,3	31	4,45	30913,00	192,70	346,78	<b>5,91</b>
	07:30	23,9	28,5	30,5	4,8	33516,00	209,13	376,35	
Cova 2	06:00	23,8	26,1	32,5	1,94	30020,00	187,06	336,64	<b>4,61</b>
	07:30	23,9	27,6	32,5	1,92	32050,00	199,88	359,70	
Cova 1	12:15	26,8	42	37	2,25	32518,00	202,83	365,01	<b>14,50</b>
	13:45	29,6	41,9	37,9	2,69	38903,00	243,13	437,53	
Entrelinha	12:15	26,8	42,3	37,4	4,34	30824,00	192,14	345,77	<b>33,46</b>
	13:45	29,6	39,9	38	4,71	45555,00	285,11	513,09	
Cova 2	12:15	26,8	41,8	35,4	2,08	31899,00	198,92	357,98	<b>28,37</b>
	13:45	29,6	41,3	40,5	2,44	44389,00	277,75	499,84	

Data: 01/12/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Cova 1	06:00	23,3	25,7	30,5	1,19	28698	178,72	321,62	<b>6,19</b>
	07:30	23,6	26,2	30,5	1,83	31425	195,93	352,60	
Entrelinha	06:00	23,3	25,7	31	4,38	29112	181,33	326,32	<b>8,70</b>
	07:30	23,6	26,8	31	3,8	32942	205,51	369,83	
Cova 2	06:00	23,3	25,5	30,9	2,54	29840	185,93	334,59	<b>5,06</b>
	07:30	23,6	26,7	30,9	2,27	32066	199,98	359,88	
Cova 1	12:15	28,9	35,6	36	1,87	30307	188,87	339,90	<b>11,28</b>
	13:45	30,1	35,3	37	1,69	35274	220,22	396,31	
Entrelinha	12:15	28,9	34,7	35,3	4,54	31780	198,17	356,63	<b>10,84</b>
	13:45	30,1	34,2	35,5	3,78	36550	228,28	410,81	
Cova 2	12:15	28,9	36,1	35,5	2,19	30278	188,69	339,57	<b>9,24</b>
	13:45	30,1	35,1	36	2,56	34344	214,35	385,75	

Data: 06/12/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Cova 1	06:00	24,3	25,5	31	1,24	31123	194,02	349,17	<b>4,80</b>
	07:30	23,8	27,9	32	1,65	34929	218,05	392,40	
Entrelinha	06:00	24,3	26,3	31,5	4,47	31582	196,92	354,38	<b>2,04</b>
	07:30	23,8	32	31,5	4,01	33198	207,12	372,73	
Cova 2	06:00	24,3	26,5	31,2	1,83	30122	187,71	337,80	<b>6,20</b>
	07:30	23,8	29,4	32	1,79	35031	218,69	393,55	
Cova 1	11:40	28,6	42,2	39,5	1,58	32323	201,60	362,80	<b>5,36</b>
	13:00	30,4	41,4	40	1,17	36567	228,38	411,00	
Entrelinha	11:40	28,6	42,1	37	3,91	32410	202,15	363,78	<b>13,27</b>
	13:00	30,4	41,8	38	3,84	42926	268,52	483,23	
Cova 2	11:40	28,6	41,3	38	1,52	32171	200,64	361,07	<b>12,38</b>
	13:00	30,4	38,7	39	1,79	41979	262,54	472,47	



# ANEXO H

## Estadísticas dos Dados da Cultura de Aipim

### Estadística descritiva temperaturas e umidade

Descriptive Statistics										
	N total	Mean	Standard Deviation	Lower 95% CI of Mean	Upper 95% CI of Mean	Sum	Coefficient of Variation	Minimum	Median	Maximum
T.amb cova	15	26,29	2,9968	24,63043	27,94957	394,35	0,11399	20,6	27,6	29,5
T.solo cova	15	34,35333	3,7544	32,27422	36,43245	515,3	0,10929	28,9	35,8	39,8
umidade cova	12	1,92083	0,38822	1,67417	2,1675	23,05	0,20211	1,38	1,87	2,47
T.amb:sul	9	26,12222	3,19131	23,66917	28,57528	235,1	0,12217	20,6	27	29,5
T.solosul	9	33,55556	3,18085	31,11054	36,00057	302	0,09479	28,8	33,8	37,7
umidade sul	6	4,255	0,28048	3,96066	4,54934	25,53	0,06592	3,88	4,2	4,63

### Estadística descritiva fluxos

Descriptive Statistics										
	N total	Mean	Standard Deviation	Lower 95% CI of Mean	Upper 95% CI of Mean	Sum	Coefficient of Variation	Minimum	Median	Maximum
Cova	14	9,81939	6,60657	6,00487	13,63391	137,47141	0,67281	4,44334	7,49738	28,37289
Entrelinha	8	13,26141	9,71394	5,14036	21,38246	106,09125	0,7325	2,03989	11,39913	33,46366

### Teste Shapiro-Wilk subárea fileira

Normality Test			
Shapiro-Wilk			
	DF	Statistic	Prob<W
T.ambiente	9	0,85939	0,09444
T.solo	9	0,87649	0,14417
T.câmara	9	0,7953	0,01804
Fluxo	9	0,88163	0,16332

T.ambiente: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.solo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.câmara: At the 0.05 level, the data was not significantly drawn from a normally distributed population  
Fluxo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population

### Teste Shapiro-Wilk subárea entrelinha

Normality Test			
Shapiro-Wilk			
	DF	Statistic	Prob<W
T.ambiente	9	0,87561	0,1411
T.solo	9	0,93008	0,4821
T.câmara	9	0,82587	0,04013
Fluxo	9	0,91592	0,35952

T.ambiente: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.solo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
T.câmara: At the 0.05 level, the data was not significantly drawn from a normally distributed population  
Fluxo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population

### Teste correlação de Pearson subárea fileira

Pearson Correlations					
		T.ambiente	T.solo	T.câmara	Fluxo
T.ambiente	Pearson Corr.	1	0,94718	0,91217	0,67275
	Sig.	--	1,05877E-4	6,06166E-4	0,04707
T.solo	Pearson Corr.	0,94718	1	0,97523	0,6952
	Sig.	1,05877E-4	--	7,68338E-6	0,03762
T.câmara	Pearson Corr.	0,91217	0,97523	1	0,80111
	Sig.	6,06166E-4	7,68338E-6	--	0,00945
Fluxo	Pearson Corr.	0,67275	0,6952	0,80111	1
	Sig.	0,04707	0,03762	0,00945	--

2-tailed test of significance is used

### Teste correlação de Pearson subárea entrelinha

Descriptive Statistics					
Pearson Correlations					
		T.ambiente	T.solo	T.câmara	Fluxo
T.ambiente	Pearson Corr.	1	0,94036	0,89139	0,48699
	Sig.	--	1,60828E-4	0,00125	0,18366
T.solo	Pearson Corr.	0,94036	1	0,90189	0,66251
	Sig.	1,60828E-4	--	8,83834E-4	0,05184
T.câmara	Pearson Corr.	0,89139	0,90189	1	0,67276
	Sig.	0,00125	8,83834E-4	--	0,04706
Fluxo	Pearson Corr.	0,48699	0,66251	0,67276	1
	Sig.	0,18366	0,05184	0,04706	--

2-tailed test of significance is used

# ANEXO I

## Ficha de Campo, Leituras e Cálculos de Fluxos de N<sub>2</sub>O. Floresta

### 1. Variabilidade diurna da emissão de N<sub>2</sub>O.

<b>UFBA-LAQUAM</b>		Cultura: Floresta	Data: 01-12-2009	Latitude: S 12° 39' 35.7"				
<b>PROJETO N2O</b>		Subárea:	Período amostragem: Verão	Longitude: WO 39° 04' 53"				
<b>FICHA DE CAMPO</b>		No.: 1		Altitude: 500 msnm				
<b>Estudo</b>	<b>Local</b>	<b>Estação</b>	<b>Condições meteorológicas do dia</b>					
Variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O	EMBRAPA CNPMPF	INMET/Estação Automática Cruz das Almas	sol <input checked="" type="checkbox"/>	c/nuve <input type="checkbox"/>	s/nuven <input type="checkbox"/>	chuvosso <input type="checkbox"/>	chuvisco <input type="checkbox"/>	
			nublado <input type="checkbox"/>	bris <input type="checkbox"/>	vento forte <input type="checkbox"/>	Intensidade (h) <input type="checkbox"/>	fraca <input type="checkbox"/>	forte <input type="checkbox"/>
<b>Parâmetros de coleta por câmara.</b>			<b>Observações</b>					
Inserir a base metálica 10 cm no solo com 24h de antecipação à coleta. Adicionar 600ml de água para selagem da câmara-base metálica. Tempo de coleta: 1:30 horas = 90min.								
<b>Câmara No. 1</b>	<b>Hora</b>	<b>T° Ambiente</b>	<b>T° Interna da câmara</b>	<b>T° solo 10cm</b>	<b>Área</b>	<b>Concentração (ppb)</b>	<b>Concentração (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fluxo (µgN<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)</b>
To	06:00	23,3	24,3	24,3	29860	186,05	334,82	5,69
T1	07:30	23,6	26	24,4	32366	201,87	363,28	
To	08:05	23,7	27,1	24,4	32274	201,29	362,24	10,39
T1	09:30	24,1	29	24,5	36848	230,16	414,19	
To	10:10	24,7	29,2	24,5	30005	186,97	336,47	17,66
T1	11:40	26,1	30,5	24,6	37780	236,04	424,78	
To	12:15	28,9	29,4	24,7	27707	172,46	310,37	20,82
T1	13:45	30,1	30,5	24,8	36873	230,32	414,48	
To	14:20	30,3	30,7	24,8	32575	203,19	365,66	18,92
T1	15:50	30,9	29,1	24,9	40905	255,76	460,27	
To	16:25	30,7	28,6	25,1	33756	210,64	379,07	12,96
T1	17:55	31,3	27,3	25	39462	246,66	443,88	

Conversão de (ppb) a (µg/m<sup>3</sup>) = 0,0409 x concentração (ppb) x peso molecular. Fator de conversão: 1,7996.

<b>UFBA-LAQUAM</b>		Cultura: Floresta	Data: 02-12-2009	Latitude: S 12° 39' 35.7"				
<b>PROJETO N2O</b>		Subárea: Entrelinha	Período amostragem: Verão	Longitude: WO 39° 04' 53"				
<b>FICHA DE CAMPO</b>		No.: 2		Altitude: 500 msnm				
<b>Estudo</b>	<b>Local de amost</b>	<b>Estação metereol</b>	<b>Condições meteorológicas do dia</b>					
Variabilidade diurna da emissão de N <sub>2</sub> O	EMBRAPA CNPMPF	INMET/Estação Automática Cruz das Almas	sol <input checked="" type="checkbox"/>	c/nuven <input type="checkbox"/>	s/nuvens <input type="checkbox"/>	chuvosso <input type="checkbox"/>	chuvisco <input type="checkbox"/>	
			nublado <input type="checkbox"/>	brisa <input type="checkbox"/>	vento forte <input type="checkbox"/>	Intensidade (h) <input type="checkbox"/>	fraca <input type="checkbox"/>	forte <input type="checkbox"/>
<b>Parâmetros de coleta por câmara.</b>			<b>Observações</b>					
Inserir a base metálica 10 cm no solo com 24h de antecipação à coleta. Adicionar 600ml de água para selagem da câmara-base metálica. Tempo de coleta: 1:30 horas = 90min.								
<b>Câmara No. 2</b>	<b>Hora</b>	<b>T° Ambiente</b>	<b>T° Interna da câmara</b>	<b>T° solo 10cm</b>	<b>Área</b>	<b>Concentração (ppb)</b>	<b>Concentração (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fluxo (µgN<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)</b>
To	06:00	22,7	25,3	26,3	33133	206,71	372,00	7,29
T1	07:30	22,5	26,9	27,1	36343	226,97	408,46	
To	08:05	22,3	28,5	27,1	34038	212,42	382,28	9,70
T1	09:30	23,7	30,1	27,7	38310	239,39	430,80	
To	10:10	25,3	30,1	27,7	31401	195,78	352,32	16,66
T1	11:40	27,4	31,5	28,8	38737	242,08	435,65	
To	12:15	29	31,1	29,3	32951	205,56	369,93	17,47
T1	13:45	28,7	32,2	28	40640	254,09	457,26	
To	14:20	31,4	31,8	27,9	33384	208,29	374,85	13,79
T1	15:50	32,1	29,8	28,9	39456	246,62	443,81	
To	16:25	31,4	29,1	27,7	34602	215,98	388,68	9,60
T1	17:55	32	27,9	27,4	38830	242,67	436,70	

Conversão de (ppb) a (µg/m<sup>3</sup>) = 0,0409 x concentração (ppb) x peso molecular. Fator de conversão: 1,7996.

## 2. Variabilidade temporal da emissão de N<sub>2</sub>O.

Data: 01/12/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
To	06:00	23,3	24,3	24,3	29860	186,05	334,82	5,69
T1	07:30	23,6	26	24,4	32366	201,87	363,28	
To	12:15	28,9	29,4	24,7	27707	172,46	310,37	20,82
T1	13:45	30,1	30,5	24,8	36873	230,32	414,48	
Data: 02/12/2009								
To	06:00	22,7	25,3	26,3	33133	206,71	372,00	7,29
T1	07:30	22,5	26,9	27,1	36343	226,97	408,46	
To	12:15	29	31,1	29,3	32951	205,56	369,93	17,47
T1	13:45	28,7	32,2	28	40640	254,09	457,26	

Data: 03/12/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Câmara 1	06:00	22,7	24,5	24,8	7,11	22749,00	141,17	254,05	14,26
	07:30	22,9	27,3	24,9	8,27	29026,00	180,79	325,35	
Câmara 2	06:00	22,7	24,7	25		21534,00	133,50	240,25	9,04
	07:30	22,9	27,3	25		25512,00	158,61	285,44	
Câmara 3	06:00	22,7	24,8	25,5	7,71	23507,00	145,96	262,66	5,64
	07:30	22,9	26,5	25,5	7,34	25989,00	161,62	290,85	
Câmara 1	12:15	28	33,4	26	7,16	22626,00	140,40	252,66	20,89
	13:45	29,2	30,9	26,7	6,75	31821,00	198,43	357,09	
Câmara 2	12:15	28	31,2	25,5		22198,00	137,69	247,79	13,20
	13:45	29,2	30,7	26		28008,00	174,36	313,79	
Câmara 3	12:15	28	30,1	26	6,86	21771,00	135,00	242,94	26,27
	13:45	29,2	30	26,5	4,23	33336,00	207,99	374,30	

Data: 04/12/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Câmara 1	06:00	22,2	24,3	24,7	6,72	21550	133,60	240,43	16,33
	07:30	22,1	25,1	25	7,07	28738	178,97	322,08	
Câmara 2	06:00	22,2	24,4	25,3		22884	142,02	255,59	4,13
	07:30	22,1	25,9	25,6		24700	153,49	276,21	
Câmara 3	06:00	22,2	24	25	7,39	22815	141,59	254,80	12,87
	07:30	22,1	25,5	25,2	8,15	28480	177,34	319,15	
Câmara 1	12:15	27,4	33	25,7	6,77	21273	131,86	237,29	19,57
	13:45	28,1	32,1	26,5	7,18	29888	186,23	335,14	
Câmara 2	12:15	27,4	30,8	26		21718	134,66	242,34	16,16
	13:45	28,1	31,3	26		28830	179,55	323,12	
Câmara 3	12:15	27,4	29,4	25,5	7,07	24110	149,76	269,51	15,90
	13:45	28,1	30,1	26	7,09	31110	193,94	349,02	

Data: 07/12/2009	Hora	T° Ambiente	T° câmara	T° solo 10cm	Umidade	Área	Concentração (ppb)	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Fluxo (µgN <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Câmara 1	06:00	23,3	24,5	25,5	6,32	30367	189,25	340,58	11,73
	07:30	23,3	25,9	25,5	6	35532	221,85	399,24	
Câmara 2	06:00	23,3	25,3	26		30534	190,31	342,48	7,57
	07:30	23,3	26,7	26		33866	211,34	380,32	
Câmara 3	06:00	23,3	25,3	25,5	7	30434	189,68	341,34	6,35
	07:30	23,3	26,7	25,5	6,79	33228	207,31	373,08	
Câmara 1	12:15	28,5	33,1	26,9	5,8	26752	166,44	299,52	18,19
	13:45	29	31,5	27,7	6,47	34759	216,97	390,46	
Câmara 2	12:15	28,5	32	27		28472	177,29	319,06	12,98
	13:45	29	31,3	27		34184	213,34	383,93	
Câmara 3	12:15	28,5	31,4	26,5	7,04	31040	193,50	348,22	9,98
	13:45	29	31,2	27	6,63	35432	221,22	398,11	

## ANEXO J

### Estatísticas dos Dados da Floresta

#### Estatística descritiva temperaturas e umidade

	N total	Mean	Standard Deviation	Lower 95% CI of Mean	Upper 95% CI of Mean	Sum	Coefficient of Variation	Minimum	Median	Maximum
T.amb flor	22	25,58864	2,96692	24,27318	26,90409	562,95	0,11595	22,15	25,525	28,85
T.solo flor	22	25,86364	0,98997	25,42471	26,30257	569	0,03828	24,35	25,7	28,65
umidade flor	12	6,86917	0,65992	6,44987	7,28846	82,43	0,09607	5,54	6,92	7,77

#### Estatística descritiva fluxos

	N total	Mean	Standard Deviation	Lower 95% CI of Mean	Upper 95% CI of Mean	Sum	Coefficient of Variation	Minimum	Median	Maximum
FLORESTA	22	13,28771	5,9276	10,65956	15,91586	292,32957	0,4461	4,12531	13,08697	26,27162

#### Teste Shapiro-Wilk

	DF	Statistic	Prob<W
Umidade	6	0,93101	0,58796
Fluxo	6	0,93424	0,61325

Umidade: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population  
 Fluxo: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population

#### Teste correlação de Pearson

		Umidade	Fluxo
Umidade	Pearson Corr.	1	-0,48288
	Sig.	--	0,33197
Fluxo	Pearson Corr.	-0,48288	1
	Sig.	0,33197	--

2-tailed test of significance is used

#### Teste de Tukey, comparação de médias de todas as áreas.

	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL
Girassol Mamona	-1,38242	1,73173	1,12895	0,85501	0,05	0	-5,92166	3,15681
Aipim Mamona	1,77071	1,73173	1,44605	0,73677	0,05	0	-2,76853	6,30995
Aipim Girassol	3,15314	1,73173	2,575	0,27089	0,05	0	-1,3861	7,69238
Floresta Mamona	3,98737	1,73173	3,25628	0,10562	0,05	0	-0,55187	8,52661
Floresta Girassol	5,3698	1,73173	4,38523	0,01373	0,05	1	0,83056	9,90903
Floresta Aipim	2,21666	1,73173	1,81023	0,57812	0,05	0	-2,32258	6,7559

Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level.  
 Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)