



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – CIAMB**

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR MEIO DE RECOMPOSIÇÃO VEGETAL EM
SOLOS ARENOSOS NO SUDOESTE GOIANO**

ERIDES CAMPOS ANTUNES

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Goiás, como requisito para à obtenção do grau de Doutor em Ciências Ambientais.

GOIÂNIA/GO
2006

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR MEIO DE RECOMPOSIÇÃO VEGETAL EM
SOLOS ARENOSOS NO SUDOESTE GOIANO**

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

ERIDES CAMPOS ANTUNES

Orientadora: Prof^ª. Dra. Selma Simões de Castro

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Goiás, como requisito para à obtenção do grau de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Estrutura e dinâmica ambiental.

Linha de pesquisa: Monitoramento e análise de recursos naturais

GOIÂNIA/GO
2006

À
Profª Drª Selma Simões de Castro, por ter acolhido-me em
seu trabalho de estudo dos areais do Sudoeste Goiano e pela
admiração que tenho por sua pessoa.

e
àqueles que puderem utilizar os dados aqui trabalhados ou
continuar esta pesquisa.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, por ter concedido e permitido a conclusão desta caminhada.

Agradeço especialmente à Profª Drª Selma Simões de Castro, orientadora deste trabalho, por saber com maestria disponibilizar seu vasto conhecimento e rigidez na condução de pesquisas, onde permitiu minha ampliação de conhecimentos científicos e poder originar um trabalho com vasta possibilidade de aplicação. Agradeço também a minha orientadora pelo apoio em horas difíceis, compreensões, pelos esclarecimentos e principalmente por garantir a conclusão deste trabalho. Dificilmente poderei recompensar seu esforço e sempre serei grato.

Às minhas filhas, por “talvez” compreenderem meus momentos de ausência.

Ao primo “Toninho” e à Eliane pelo companheirismo e apoios suscitados em serviços de campo, garantido a consistência dos dados coletados, acompanhando trabalhos noturnos, sob temperaturas de 60° a 10°, sob chuva ou cavando trincheiras, sem nunca reclamarem das dificuldades.

Agradeço ao meu irmão Eloy pela compreensão do afastamento das atividades profissionais que exercemos e pelo apoio com funcionários, veículos, utensílios e insumos que viabilizaram a implantação do experimento em campo.

Ao Sr. Joaquim Pacca, proprietário da Fazenda Pedra, por permitir a implantação do experimento e pela construção de cerca no seu entorno.

Ao Harlen, companheiro na jornada, pelos apoios, motivação e almoços requintados.

Agradecimento especial à Bárbara, pelos distintos e valorosos apoios disponibilizados com vista à organização e produção deste trabalho.

Muitas são as pessoas que necessito ressaltar pela ajuda ou apoios fornecidos, podendo aqui furtar-me de alguém. Agradeço-os em nome dos funcionários do laboratório de solos da EMBRAPA/CNPAP e dos geógrafos Luciano Xavier e Rafael Borges que atuaram na produção e acabamento de cartas temáticas.

RESUMO

A presente tese trata da degradação e recuperação de solos arenosos finos classificados como NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (antigas Areias Quartzosas) por ação de escoamento superficial, resultando na formação de extensos areais. Esse processo, conhecido como arenização, gera a deposição de camadas arenosas móveis e praticamente estéreis, de difícil recuperação. Duas abordagens foram adotadas na tese. Uma delas é referente à contextualização ambiental desses solos degradados por arenização no Cerrado, no Sudoeste Goiano e, nesta região, na bacia do córrego Panela em Serranópolis/GO mediante tratamento temático cartográfico com base em sensoriamento remoto e geoprocessamento, vinculado à validação em campo. Analisaram-se os potenciais e conflitos de uso, a distribuição dos solos e os condicionantes da arenização. A segunda abordagem se refere à implantação e monitoramento de uma estação de experimentação na bacia do córrego Panela, mediante seis tratamentos divididos em três grupos: Cobertura morta (bagaço de cana-de-açúcar), correção e adubação química (CaCO_3 e NPK + Ca) e cobertura verde (*Cajanus cajan* – guandu anão, *Calopogonium muconoides* e *Stylosanthes guianensis* cultivar mineirão), com plantio de mudas de 22 espécies arbóreas nativas e ecologicamente adaptadas que possam fornecer respostas ambientais e oferecer alternativas produtivas no Cerrado. Os tratamentos foram instalados em parcelas com calhas coletoras para mensuração de perdas de solo e água, adaptadas do modelo de parcela-padrão de Wischmeier & Smith (1971), acrescido de uma parcela testemunha. Cada parcela foi acoplada a um sistema de coleta do escoamento superficial sob chuva natural, que foi mensurada com pluviômetro. Foram registrados as chuvas diárias e, em cada parcela, o desenvolvimento das mudas (diâmetro à altura do solo, DAS, e altura) e a perda diária de solo e água em dias de chuva. O experimento foi conduzido entre Outubro de 2003 e Agosto de 2005, cobrindo dois ciclos sazonais. Os resultados foram tabulados, tratados estatisticamente e apresentados graficamente, de modo a facilitar comparações entre os tratamentos, espécies e períodos, entre si e em conjunto. Foram distribuídos em quatro capítulos, elaborados na forma de artigos científicos, os quais revelam que a maior concentração de RQo do Sudoeste Goiano (15% da área regional) se encontra em Serranópolis, onde respondem por 42,12% da área do município e estão em grande área degradados, apesar de dominar seu uso como pastagem. Foram detectados 7.719,30 ha com areais, principalmente sobre a Formação Botucatu. As espécies de maior sobrevivência foram *P. gonoacantha* e *M. urundeuva* (aproximadamente 90%), *D. alata*, *S. striata* e *B. longiflora* (cerca de 86%). Dentre todos os tratamentos, *C. mucunoides* proporcionou as maiores alturas médias finais, à exceção do tratamento NPK + Ca, bem com os maiores DAS médios finais do experimento, que foram constatados em *Q. grandiflora*. Ao tratamento *S. guianensis* associaram-se as menores médias máximas de parâmetros biométricos finais. A erosividade anual foi de 8.220,83 MJ.mm.ha⁻¹h⁻¹ano⁻¹, sendo 82% entre novembro a março e 4,3% de maio a agosto. A perda média anual de solo testemunha foi de 4,2315 Mg.ha⁻¹ e teve distribuição bastante desigual nos dois anos da fase experimental. A perda de água foi de 1,3%, sendo 79% de janeiro a abril. As menores perdas de solos ocorreram nas adubações verdes.

Palavras-chave: Cerrados, Neossolos Quartzarênicos, areais, arenização, degradação de solos, recuperação de áreas degradadas, altura e diâmetro de espécies arbóreas.

ABSTRACT

This thesis focuses the degradation and recuperation of Quartzipsament Entisols, as a consequence of superficial run-off, resulting in sandy zones in the landscape of the Brazilian Savanna. This phenomenon, known as sandization, promotes superficial sandy deposits, difficult to recover. Two approaches were adopted in this thesis. One of them refers to obtain the environmental context of these degraded soils by sandization on the Savanna Biome at SW region of the State of Goiás and there, particularly, on the little hydrographic basin named Panela brook at Serranópolis, GO. Thus, geoenvironmental cartography by remote sensing and geoprocessing, followed by field control in multi-scale were done. The potentials and conflicts of land use, the distribution of soils and the conditionings for sandization had been analyzed. The second approach relates to the implantation and monitoring of an experimental set at Panela brook basin, by means of six treatments divided in three groups: sugar cane bagasse, chemical correction and fertilization (CaCO_3 and NPK + Ca) and green covering (*Cajanus cajan*, *Calopogonium muconoides* and *Stylosanthes guianensis*, variety mineirao), with plantation of seedlings of 22 native or ecologically adapted tree species, able to supply environmental answers and offer productive alternatives in the Cerrado. Treatments had been set in parcels with collecting gutters for measurement of soil and water losses, adapted of the standard parcel model of Wischmeier & Smith (1971), increased of a control parcel. Each parcel was connected to a collecting system for the superficial run-off under natural rain, which was measured with a field pluviometer. We registered daily rain and, in each parcel, the development of the seedlings (diameter and height) and the daily soil and water losses in rainy days. The set was maintained from October/2003 to August/2005, lasting two seasonal cycles. The results had been tabulated, statistically processed and presented graphically, in order to facilitate comparisons between treatments, species and periods, between each other and in the hole set. They were distributed in four chapters, elaborated in the scientific article form, which point that the greatest concentration of Southwestern Goiás RQo (15% of the regional area) is found at Serranópolis, covered in 42,12 % of its area by RQo, great extension of which are degraded, although dominant land use is pasture. We detected 7,719.30 ha with sandy deposits, mainly on the Botucatu Formation. The species with best survival results were *P. gonoacantha* and *M. urundeuva* (approximately 90%), *D. alata*, *S. longiflora striata* and *B. longiflora* (about 86%). Amongst all treatments, *C. mucunoides* provided the biggest final average heights, exception done to the treatment NPK + Ca, as much as the biggest final average DAS measures of the experiment, which had been evidenced in *Q. grandiflora*. The shorter maximum final averages of biometric parameters were associated to treatment *S. guianensis*. Annual erosivity was $8,220.83 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$, being 82% between November and March and 4.3% from May to August. Annual average soil loss in the control was $4,2315 \text{ Mg.ha}^{-1}$, with had remarkably different distribution in the two years of the experimental phase. Water loss was of 1,3%, being 79% between January and April. The lesser soil losses occurred in green fertilization treatments.

Keywords: Savannas, Quartzipsamment Entisols, sandy deposits, sandization, soil degradation, degraded areas recovery, height and diameter of tree species.

SUMÁRIO

Resumo	v
Abstract	vi
Introdução	1
Abordagens sobre recuperação de áreas degradadas	11
PARTE I: OS NEOSSOLOS ARENOSOS, OS AREAIS E SEUS CONTEXTOS AMBIENTAIS	16
CAPÍTULO 1/ARTIGO 1: NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS no Domínio Morfoclimático do Cerrado e no Sudoeste Goiano: Características gerais e degradação atual	17
Resumo	17
Abstract	17
Introdução	18
2 Metodologia	19
3 Características pedológicas dos Neossolos Quartzarênicos	20
4 Neossolos Quartzarênicos no Cerrado e no Sudoeste Goiano	24
4.1 Domínio Morfoclimático do Cerrado (DMC)	24
4.2 Sudoeste Goiano	29
5 Conclusão	38
6 Referências Bibliográficas	39
CAPITULO 2/ARTIGO 2: Relações solo-relevo e a presença de areais na bacia do ribeirão das Pedras em Serranópolis/GO	43
Resumo	43
Abstract	43
1 Introdução	44
2 Área de estudo	45
3 Metodologia	47
4 Resultados e Discussão	49
5 Conclusão	65
6 Referências Bibliográficas	65
PARTE II: O MONITORAMENTO E A EXPERIMENTAÇÃO VISANDO A RECUPERAÇÃO EM NEOSSOLOS E EM AREAIS	68
CAPÍTULO 3/ARTIGO 3: Erosividade e perdas de solo e água em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos degradados do Sudoeste Goiano sob diferentes tratamentos de recuperação	69
Resumo	69
Abstract	69
1 Introdução	70
2 Material e métodos	75
3 Resultados e discussão	78
4 Conclusão	88
5 Referências Bibliográficas	90
CAPITULO 4/ARTIGO 4: Recuperação de uma área degradada sobre NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos no Sudoeste Goiano: Sobrevivência, diâmetro e altura de 22 espécies arbóreas	93
Resumo	93
Abstract	93
1 Introdução	94
2 Material e métodos	95
2.1 Caracterização da área de estudo	95
2.2 Desenho experimental	97
2.3 Levantamento e processamento de informações	100
3 Resultados e discussão	101

3.1	Características do solo	101
3.2	Sobrevivência por espécie	103
3.3	Relações de <i>C. brasiliense</i> com outras espécies	105
3.4	Altura e DAS em <i>C. brasiliense</i> por período e tratamento	106
3.5	Altura e DAS final em outras espécies	109
3.6	Altura e DAS final em outras espécies por período e tratamento	111
7	Conclusões	122
8	Referências Bibliográficas	125
	Conclusões e recomendações finais	128
	Referências Bibliográficas	132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da área de estudo.	8
Figura 2	Vista geral do vale do córrego Panela, margem esquerda, Fazenda Pedra, a jusante da área do experimento, mostrando areais e pastagens degradadas.	9
Figura 3	Paisagem da margem direita do córrego Panela a montante de sua nascente, evidenciando área com areais, mortalidade total da pastagem e reduzida regeneração natural.	9
Figura 4	Área a leste e a montante da nascente do córrego Panela, próximo a divisor da bacia do córrego Sujo.	9
Figura 5	Areal em pastagem abandonada e aplicado sementes de capim braquiária, visando redução de focos erosivos.	15
Figura 6	Área de pastagem abandonada por mais de 20 anos na bacia do ribeirão das Pedra.	15

PARTE I: OS NEOSSOLOS ARENOSOS, OS AREAIS E SEUS CONTEXTOS AMBIENTAIS

CAPÍTULO 1/ARTIGO 1: NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS no Domínio Morfoclimático do Cerrado e no Sudoeste Goiano: Características gerais e degradação atual

Figura 1	Mapa das unidades geológicas sob RQo no Domínio Morfoclimático dos Cerrados	27
Figura 2	Áreas com RQo no sudoeste Goiano e sua geologia	32
Figura 3	Detalhe de voçoroca com 33 m de profundidade, em Serranópolis/GO	33
Figura 4	Detalhe de pastagem de <i>Brachiaria</i> sp degradada	34
Figura 5	Assoreamento de fundo de vale no Córrego Feio, Serranópolis/GO	34
Figura 6	Bacia do córrego Panela em pastagem degradada	34
Figura 7	Vale do córrego Retiro Velho, Serranópolis/GO	34
Figura 8	Focos de arenização no sudoeste de Goiás	36
Figura 9	Areais esbranquiçados, destacando vegetação rasteira e rala, descontínua, posicionados em terço médio das encostas e em áreas de contribuições de voçorocas	37
Figura 10	Marcas de ondas nos areais, após chuvas intensas indicando fluxos lentos de águas rasas superficiais	37
Figura 11	Sulcos e ravinas originados a partir de pequenos “trilheiros” de bovinos	37
Figura 12	Estruturas de subsidência (colapso) associadas à piping	37
Figura 13	Colapsos por ação de escoamento subsuperficial associado à piping	37
Figura 14	Presença de colúvios subsuperficiais soterrando o horizonte Ap do RQ e preenchendo sulcos	37
Figura 15	Camalhões em áreas de RQo sendo desestruturados por erosão eólica	37
Figura 16	Tentativa de contornar erosão em areais, utilizando a técnica de camalhões.	37

CAPÍTULO 2/ARTIGO 2: Relações solo-relevo e a presença de areais na bacia do ribeirão das Pedras em Serranópolis/GO

Figura 1	Localização na bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras e das bacias dos córregos Retiro Velho e Panela	46
Figura 2	Geologia na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO	52
Figura 3	Clinografia na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO	53
Figura 4	Hipsometria na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO	54
Figura 5	Formas do relevo na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO	55
Figura 6	Carta de solos na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO	56
Figura 7	Capacidade de uso do solo na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO	57
Figura 8	Uso do solo na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO	58
Figura 9	Discrepância na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO	59
Figura 10	Paisagem no córrego Panela, mostrando em 1° e 2° plano, areais comuns da região	60
Figura 11	Detalhe de areal, onde inclusive as gramíneas exóticas agressivas e plantas ruderais perecem	60
Figura 12	Detalhe areal mostrando exemplos de desenvolvimento espontâneo de plantas arbóreas, ao final de período chuvoso em 2003, em Serranópolis/GO	60
Figura 13	Erosão do tipo voçoroca (33 m de profundidade, 180 de largura máxima e 258 m de comprimento, em novembro de 2005) localizada a jusante de área com concentração	60
Figura 14	Perfil de RQo em parcela testemunha de solo com areal.	64
Figura 15	Detalhe de horizontes superficiais de solo	64
Figura 16	Início do fenômeno de piping próximo a voçoroca existente no vale do córrego Panela, em	64

	Serranópolis/GO	
Figura 17	Detalhe de piping ativo, mostrando ao fundo, voçoroca que brevemente irá ligar-se a este abatimento	64
PARTE II: O MONITORAMENTO E A EXPERIMENTAÇÃO VISANDO A RECUPERAÇÃO EM NEOSSOLOS E EM AREAIS		
CAPÍTULO 3/ARTIGO 3: Erosividade e perdas de solo e água em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos degradados do Sudoeste Goiano sob diferentes tratamentos de recuperação		
Figura 1	Mapa de localização e grau de erodibilidade de solos nas bacias do ribeirão das Pedras e córregos Panela e Retiro Velho	73
Figura 2	Vertente do campo experimental, mostrando rampa plana, retilínea e com cobertura vegetal inexpressiva	75
Figura 3	Arranjo dos tratamentos no campo experimental	76
Figura 4	Distribuição mensal da erosividade	80
Figura 5	Distribuição mensal das perdas de solo e água no solo testemunha	81
Figura 6	Regressão entre perdas de solo e água por evento no solo testemunha	82
Figura 7	Perdas de solo e de água por tratamento e por período experimental	84
Figura 8	Comportamento da curva de perda de solo de cada tratamento em relação à precipitação no campo experimental por período	85
Figura 9	Comportamento da curva de perda de água de cada tratamento em relação à precipitação no campo experimental por período	86
Figura 10	Comportamento da curva de PAS de cada tratamento em relação à precipitação no campo experimental por período	86
CAPÍTULO 4/ARTIGO 4: Recuperação de uma área degradada sobre NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos no Sudoeste Goiano: Sobrevivência, diâmetro e altura de 22 espécies arbóreas		
Figura 1	Mapa de localização, solos e hipsometria das bacias dos córregos Panela e Retiro Velho	96
Figura 2	Vista geral da vertente em que foi implantado o experimento, mostrando rampa plana e reduzida cobertura vegetal	98
Figura 3	Detalhe do campo experimental, mostrando cerca, tratamentos, mudas plantadas e regeneração natural	98
Figura 4	Arranjo dos tratamentos no campo experimental	98
Figura 5	Perfil do solo no tratamento testemunha mostrando os horizontes amostrados	102
Figura 6	Detalhe de perfil do solo no tratamento testemunha mostrando depósito arenoso superficial	102
Figura 7	Sobrevivência absoluta e percentual de 21 espécies arbóreas por período.	103
Figura 8	Altura e DAS médios de <i>C. brasiliense</i> por período e por tratamento	107
Figura 9	Médias quadráticas mínimas e desvio padrão de altura e DAS médios das 22	110
Figura 10	Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento testemunha.	111
Figura 11	Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento bagaço de cana-de-açúcar.	112
Figura 12	Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento NPK + Ca.	114
Figura 13	Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento calcário.	114
Figura 14	Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento <i>C. cajan</i> .	114
Figura 15	Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento <i>C. mucunoides</i> .	115
Figura 16	Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento <i>S. guianensis</i>	116
Figura 17	Altura e DAS médios por período e por tratamento em <i>P. gonoacantha</i> .	119
Figura 18	Altura e DAS médios por período e por tratamento em <i>Q. grandiflora</i> .	120

LISTA DE TABELAS E QUADROS

PARTE I: OS NEOSSOLOS ARENOSOS, OS AREAIS E SEUS CONTEXTOS AMBIENTAIS

CAPÍTULO 1/ARTIGO 1: NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS no Domínio Morfoclimático do Cerrado e no Sudoeste Goiano: Características gerais e degradação atual

Tabela 1	Subgrupos de Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo)	24
Tabela 2	Quantificação dos RQo (Neossolos Quartzarênicos Órticos) no DMC (Domínio Morfoclimático do Cerrado) por UF (Unidade da Federação)	25
Tabela 3	Associações de RQ no DMC, detalhando áreas e percentagem de ocorrência	26
Tabela 4	Quantificação de áreas com RQo no sudoeste Goiano e sua geologia	31
Tabela 5	Quantificação de areias no sudoeste goiano.	35

CAPÍTULO 2/ARTIGO 2: Relações solo-relevo e a presença de areais na bacia do ribeirão das Pedras em Serranópolis/GO

Tabela 1	Área (ha) por classe geológica e por bacia hidrográfica na área de estudo.	52
Tabela 2	Área (ha) por classe de declividade e por bacia hidrográfica na área de estudo	53
Tabela 3	Área (ha) por classe de altitude (m) e por bacia hidrográfica na área de estudo	54
Tabela 4	Área (ha) por classe de Relevo e por bacia hidrográfica na área de estudo	55
Tabela 5	Área (ha) e % de cada classe de solos e por bacia hidrográfica.	56
Tabela 6	Área (ha) por classe de capacidade de uso e por bacia hidrográfica.	57
Tabela 7	Área (ha) por classe de uso e por bacia hidrográfica na área de estudo	58
Tabela 8	Granulometria e fertilidade de perfil de RQo	59
Tabela 9	Comportamento físico-hídrico de perfil representativo de RQo.	62
Quadro 1	Descrição morfológica de perfil de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico representativo de areal.	61

PARTE II: O MONITORAMENTO E A EXPERIMENTAÇÃO VISANDO A RECUPERAÇÃO EM NEOSSOLOS E EM AREAIS

CAPÍTULO 3/ARTIGO 3: Erosividade e perdas de solo e água em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos degradados do Sudoeste Goiano sob diferentes tratamentos de recuperação

Tabela 1	Área (ha) por classe de erodibilidade de solos nas bacias do ribeirão das Pedras e córregos Panela e Retiro Velho	72
Tabela 2	Tratamentos implantados no campo experimental.	76
Tabela 3	Granulometria e fertilidade do perfil de RQo.	78
Tabela 4	Comportamento físico-hídrico do perfil de RQo	79
Tabela 5	Pluviometria mensal em três estações da ANA e no campo experimental, média, desvio padrão () e coeficiente de variação (CV) de 1/10/2003 a 1/06/2005.	81
Tabela 6	Precipitação no campo, perdas de solo e de água, escoamento e infiltração e PAS por tratamento e por período.	85

CAPÍTULO 4/ARTIGO 4: Recuperação de uma área degradada sobre NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos no Sudoeste Goiano: Sobrevivência, diâmetro e altura de 22 espécies arbóreas

Tabela 1	Tratamentos implantados no campo experimental.	99
Tabela 2	Espécies testadas, produtos e serviços ambientais e condição sucessional típica.	99
Tabela 3	Granulometria de solos em 3 horizontes no campo experimental	101
Tabela 4	Características químicas de solos em 3 horizontes no tratamento Testemunha	
Tabela 5	Sobrevivência absoluta e percentual das 22 espécies arbóreas por período	104
Tabela 6	Perfil de solo no tratamento testemunha mostrando horizontes amostrados.	110

PARTE I

OS NEOSSOLOS ARENOSOS, OS AREAIS E SEUS CONTEXTOS AMBIENTAIS.

Capítulo 1/Artigo 1

NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS NO DOMÍNIO MORFOCLIMÁTICO DO CERRADO E NO SUDOESTE GOIANO: CARACTERÍSTICAS GERAIS E DEGRADAÇÃO ATUAL

Erides Campos Antunes¹, Selma Simões de Castro²

RESUMO

Na escala do Domínio Morfoclimático do Cerrado (DMC), dentre os fatores mais relevantes na formação e distribuição geográfica dos solos encontra-se a geologia. Ainda que dominem os Latossolos nas conhecidas superfícies aplainadas e elevadas denominadas de Chapadas e

¹ *Discente do programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás.*

² *Docente do programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás.*

Chapadões, outras classes de solos revelam-se significativas, tanto quanto à sua participação no total de tipos presentes como por sua relação inequívoca com certos tipos de substratos geológicos, como é o caso dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, antes conhecidos como Areias Quartzosas, sejam ortotípicos ou hidromórficos, que se relacionam com os arenitos, sedimentos arenosos e quartzitos. Por ocuparem cerca de 15% da área do DMC e dada sua fragilidade natural, o freqüente uso inadequado desses solos já resulta em extensas áreas degradadas que inspiram cuidados e demandam providências emergenciais, onde se desenvolvem areais. Estes são considerados depósitos de areias soltas, lavadas e móveis, onde há muita dificuldade de desenvolvimento de cobertura vegetal devido problemas de umidade e fertilidade, além de temperatura. Neste artigo são avaliadas as características pedológicas e a degradação atual desses solos no bioma cerrado, com destaque para a região do Sudoeste Goiano onde grandes areais caracterizam alguns dos municípios, como, Serranópolis. Conclui-se sua ocorrência é expressiva, seu grau de degradação já é elevado e relacionado a processos de arenização, a qual resulta na formação dos areais.

Palavras-chave: NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, Cerrado, Sudoeste Goiano, arenização, areais.

ABSTRACT

In Morphoclimatic Savanna Region placed in Center West Region of Brazil, between the most important factors of soil formation and geographic distribution of soil the its geological substratum. After Oxisol class dominant in height tabular surfaces named "Chapadas and Chapadões", others class of soils are significant as Quartzipsamment Entisols and typical hydromorphic are sandy soils related to the sandstones, sandy covers and quartzite bedrocks. This soils occupies near 15% of Savanna Region and by consequence of its natural fragility, the inadequate use and management are coming degraded and demands emergent actions to control, where are decoded extensive sandy cover. These sandy accumulations correspond to sandy deposits easily transported and practically without vegetational cover. This article present the pedologic and degradation of the sandy soils, characteristics of this savanna soils principally concentrated in SW of the state of Goiás. It's concludes induced sandization process related to the medium and inferior gentle slopes supported by eolic sandstone in comprence of inadequated utilization of sandy soils.

Key words: Quartzipsamment Entisols, Brazilian Savannas, sandstone, sandizations, sandy cover.

1.1.1 01. INTRODUÇÃO

No Domínio Morfoclimático³ do Cerrado (AB'SABER, 1967, 1977, 2003) aqui abreviado DMC, os fatores determinantes na formação dos solos e na sua distribuição geográfica são, principalmente, o clima e a geologia (PALMIERI & LARACH, 2000). Porém nessa escala um entendimento melhor desses aspectos deve valorizar também as formas de relevo e sua dinâmica atual, aí se incluindo a avaliação de seu grau de degradação atual, face à sua resposta aos usos e manejos.

No Cerrado é fato indiscutível que nos altos platôs predominam os Latossolos, em geral de argilosos até de textura média, entretanto, em termos das suas paisagens vizinhas outras classes de solos ocorrem e podem mesmo dominam uma dada paisagem ou região no interior desse Domínio. Tal parece ser o caso dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (RQo), isto é, típicos (EMBRAPA, 1999), antes conhecidos como Areias Quartzosas, normalmente de álicos a distróficos, que ocorrem em manchas expressivas o DMC, aqui destacando-se a região do Sudoeste Goiano (NOVAES *et al.*, 1983).

³ O BIOMA CERRADO compõe um dos cinco biomas brasileiros (Ribeiro & Walter, 1998) e trata-se de região similar ao Domínio Morfoclimático do cerrado, proposto por Ab'Saber (1977). Para este estudo, quando ocorrer a citação Domínio ou Domínio Morfoclimático, entenda-se também como Bioma.

Esses solos são arenosos e no Sudoeste Goiano relacionam-se aos relevos suavizados dos compartimentos das chapadas (AB'SÁBER, 1953), mas restringem-se sobretudo às áreas que correspondem às amplas cabeceiras de drenagem, de fracos declives e formas ligeiramente concavizadas, ou ainda aos entornos rebaixados que contornam essas chapadas (CASTRO *et al.*, 2004). Relacionam-se frequentemente aos arenitos, em particular da Formação Botucatu (Triássico) da Bacia Sedimentar do Paraná (SPERA, 1999) e às coberturas vegetais do tipo formações savânicas e campestres (savana arbórea e savana parque conforme classificação do RADAMBRASIL, 1983), hoje ocupadas predominantemente por pastagens. São solos arenosos finos, espessos, pouco desenvolvidos (sem horizonte B diagnóstico) e altamente susceptíveis à erosão, sobretudo hídrica. São ácidos, em geral álicos, bem drenados quando órticos e de baixa aptidão agrícola (SCOPEL *et al.*, 2003).

Os Neossolos Quatzarênicos (RQ) encontram-se comumente degradados por processos de *arenização* (SUERTEGARAY *et al.*, 2001), a qual desenvolve manchas de areias esbranquiçadas, soltas, sem cobertura ou com cobertura vegetal rala e extremamente esparsa, chamados de areais, onde é comum a erosão hídrica laminar e, sobretudo linear, como ravinas e voçorocas (SUERTEGARAY *et al.*, 2001; SCOPEL *et al.*, 2003). Tais áreas constituem um problema ambiental grave na medida em que se tornam progressivamente estéreis e de difícil recuperação. Em Serranópolis, na região do Sudoeste Goiano, um setor situado numa dessas manchas de RQo degradado, coberto com pastagem há pelo menos 23 anos, igualmente degradada, vem sendo alvo de experimentação com espécies nativas do Cerrado com florestamento para fins de sua recuperação (ANTUNES, 2006).

Este artigo tem por objetivo apresentar as características gerais da classe dos RQo do domínio dos cerrados, com destaque para os RQ órticos típicos da região do Sudoeste Goiano, com o fim de identificar os fatores de sua formação, de sua distribuição e de sua degradação atual. Enfatiza ainda as características físicas, químicas e ambientais de ambientes *arenizados* sobre RQo, que ao se degradarem se transformam em *areais* em situações localizadas. O estudo baseou-se em revisão bibliográfica, elaboração e análise de mapas temáticos, para uma caracterização dos RQo em nível de detalhe quanto às suas relações com os areais, as rochas e os relevos no Domínio Morfoclimático dos Cerrados, para o estado de Goiás, e em particular para o Sudoeste Goiano.

2. METODOLOGIA

As características de definição da classe dos RQo até o 4º. Nível categórico foram extraídas da Classificação Brasileira de Solos (EMBRAPA, 1999) e discutidas com base em perfis de solo descritos e analisados em laboratório, publicado no relatório nº. 31 do Projeto RADAMBRASIL (NOVAES *et al.*, 1983) e também por vários outros autores (SPERA, 1999; CORREIA *et al.*, 2002; REATTO *et al.*, 1998; SCOPEL *et al.*, 2003, dentre outros).

Os limites do Cerrado contínuo seguiram aqueles do IBGE (2001), os quais foram georreferenciados e considerados como carta-base. Posteriormente, procedeu-se à restituição das manchas de RQo do Mapa de Solos do Brasil (IBGE, 2001) contidas no interior dos limites já

estabelecidos para Cerrado. Em seguida foram restituídas as formações geológicas contidas nestes limites com base no Mapa Geológico do Brasil (BIZZI *et al.*, 2001) De posse desses três mapas temáticos estabeleceu-se a chave do cruzamento entre RQo e rochas do Domínio do Cerrado, bem como elaboraram-se os cálculos de áreas e de distribuição geográfica.

Para o Sudoeste Goiano utilizou-se a base regional estadual restituindo-se seus limites em escala 1:250.000 (IBGE, 2001) bem como as cartas geológicas, pedológicas e geomorfológicas do Projeto RADAMBRASIL – Folha SE22 de Goiânia (1983), procedendo-se ao seu intercruzamento para identificar as referidas relações.

O uso do solo, incluindo os remanescentes do Cerrado e as ocorrências de areais foram obtidos com base nas imagens Landsat ETM+7 de abril de 2003, órbita/ponto 222/72, 222/73, 223/72, 223/73, 224/71, 224/72 e 224/73, na composição RGB 5,4,3 com controle de campo (observação e georreferenciamento com auxílio de GPS geodésico).

3. CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS DOS NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS

NEOSSOLOS correspondem a uma ordem ou classe em 1º. nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999). São solos minerais ou orgânicos pouco espessos que sofreram baixa intensidade de atuação de processos pedogenéticos, os quais ainda não conduziram a modificações expressivas das características do seu material de origem, seja em razão de sua resistência ao intemperismo químico, dada sua composição mineralógica, ou ainda dado o relevo que pode limitar sua evolução (EMBRAPA, 1999). Uma grande variedade de solos é inserida nessa classe, sem horizonte B diagnóstico.

OS NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (RQ) correspondem a uma subdivisão dos NEOSSOLOS, em 2º. Nível categórico na classificação do referido sistema. Eram conhecidos na antiga Classificação de Solos Brasileira⁴ como *Areias Quartzosas*, podendo naquela classificação ser álicos (AQa) ou distróficos (AQd) (NOVAES *et al.*, 1983). Na *Soil Taxonomy* de 1975⁵, foram enquadrados no grande grupo *Typic Quartzipsamment Psamm Entisol*, e, na classificação da FAO 1998⁶, foram incluídos no 2º. nível categórico, correspondente a *Haplic Arenosol* (PRADO, 2003).

Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS apresentam seqüência de horizontes A-C sem contato lítico dentro de 50 cm, textura areia ou areia-franca nos horizontes, até no mínimo a profundidade de 1,5 m a partir da superfície do solo. São essencialmente quartzosos, tendo em suas frações areia grossa e areia fina com 95% ou mais de quartzo, calcedônia ou opala. Não apresentam minerais primários alteráveis (EMBRAPA, 1999; CORREIA *et al.*, 2002). Morfologicamente, são solos geralmente muito espessos, ultrapassando 2m de profundidade (SPERA, 1999; CORREIA *et al.*, 2002; REATTO *et al.*, 1998), constituindo perfis relativamente homogêneos. A granulometria da fração areia é variável, mas em geral é fina. O teor máximo de argila chega a 15%, quando o silte está ausente (CORREIA *et al.*, 2002; REATTO *et al.*, 1998). Podem ser hidromórficos e não hidromórficos, descoloridos ou com coloração amarela ou vermelha.

⁴ Antiga classificação brasileira de solos publicada em Camargo *et al.*, 1987.

⁵ Classificação de solos do Sistema Norte-americano de 1998.

⁶ Classificação de solos pelo Sistema Internacional FAO/UNESCO de 1998.

Como consequência direta dos baixos teores de matéria orgânica e de argilo-minerais, os RQ têm baixa capacidade de agregação de partículas (REATTO *et al.*, 1998). Apresentam também elevada macroporosidade (podem chegar ao redor de 80 %) e reduzida microporosidade (cerca de 5 %), bem como maior densidade do solo (em geral $0,38 \text{ g.cm}^3$). Uma vez que a área superficial das partículas de areia é menor que a das partículas de argila, estas condições definem solos bem drenados (SPERA, 1999).

Os RQ apresentam CTC efetiva baixa ou muito baixa, dependendo quase exclusivamente da contribuição da matéria orgânica, cujos teores são frequentemente também baixos. São pobres em nutrientes para as plantas e, em geral, concentram teores elevados de alumínio (alumínicos ou álicos) e apresentam de média a elevada acidez (SPERA, 1999; REATTO *et al.*, 1998). Os teores de Ca, Mg, K e Na são baixos ou muito baixos, conseqüentemente, a saturação de bases é também baixa ou muito baixa. Igualmente os teores de P são muito baixos (SPERA, 1999; REATTO *et al.*, 1998). Apesar da absorção de P ser pequena nestes solos, há problemas sérios quanto à lixiviação de N e à decomposição rápida da matéria orgânica. A lixiviação de NO_3 e SO_x é intensa em virtude da grande macroporosidade e conseqüente permeabilidade desses solos.

Na fração de areia dos RQ, constituída principalmente por quartzo, podem ocorrer películas finas de óxido de ferro, especialmente de hematita, recobrando os grãos de quartzo. Os argilominerais presentes são do grupo da caulinita (SPERA, 1999). Em lâminas delgadas de RQ do cerrado observou-se que os grãos de quartzo estão em contato uns com os outros, sendo que a matriz argilo-ferruginosa ocorre em pequena proporção em torno dos grãos. Os óxidos de ferro podem também se depositar nos espaços inter-granulares entre o quartzo (SPERA, 1999; MARINHO & CASTRO, 2003a, b), ou em poros oriundos da dissolução (corrosão) do quartzo, sobre superfícies externas e inter-granulares da microestrutura do solo. Tal condição de solubilização ocorre apenas em situações de drenagem eficiente, pH ácido e em quantidade baixa de Si em água, inferior a 6 meq.g^{-1} (SPERA, 1999).

Segundo a EMBRAPA (1999) dois grandes grupos (3^o. Nível Categórico) ocorrem em RQ: os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Hidromórficos (RQd) e os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (RQo). O grande grupo distrófico das então Areias Quartzosas (EMBRAPA, 1978) era caracterizado pela baixa soma e saturação de bases (baixa fertilidade natural) e o grande grupo álico era estabelecido por possuir também saturação em Al^{3+} superior a 50% (NOVAES *et al.*, 1983). Atualmente, todos eles são classificados como Órticos, desde que não apresentem características de hidromorfia resultante de má ou imperfeita drenagem devido à influência do lençol freático elevado, sazonal ou anualmente.

Os RQo representam solos jovens, forte a moderadamente ácidos, com baixa retenção de umidade e nutrientes, são excessivamente drenados e apresentam granulometria com teores de areia em torno de 90%, sendo frágeis para a mecanização agrícola (NOVAES *et al.*, 1983). Nos RQ que ocorrem junto a corpos d'água e zonas de recarga devem ser isolados e mantidos para preservação e controle dos recursos hídricos, da flora e da fauna.

Macedo (1996) destaca que mais de 95% desta classe é constituída por areias distróficas e que o quartzo é 98% de seus componentes, sendo os 2% compostos por concreções argilo-

ferruginosas, magnetita e detritos. Destaca ainda que na sequência A-C, a relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ é 2,1 no horizonte A e 1,8 no horizonte C. Isto condiciona a presença dominante de caulinitas, e ainda de baixa atividade.

Os RQo são considerados solos de baixa aptidão agrícola (CORREIA *et al.*, 2002; EMBRAPA, 1999). O uso múltiplo de culturas anuais pode levá-los rapidamente à degradação. Com base no Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO & BEEK, 1995; SPERA, 1999) são cinco os fatores limitantes de maior expressão ao uso de RQo, a saber:

- deficiência de fertilidade: material de origem pobre, baixas ctc e matéria orgânica;
- deficiência de água: precipitações sazonais e textura desfavorável à retenção;
- susceptibilidade à erosão: textura e estrutura (e por vezes clinografia) desfavoráveis;
- impedimentos à mecanização: imposta pela susceptibilidade à erosão e viável apenas em relevo plano.

Os RQo são bastante susceptíveis a processos erosivos, devido a sua textura arenosa, e consequentemente por sua baixa capacidade de agregação de partículas, ou coesão (SPERA, 1999; REATTO *et al.*, 1998). Quando desestabilizados podem dar origem a diversos processos de erosão, que podem mesmo levar a quadros de voçorocamento (CORREIA *et al.*, 2002) e de arenização⁷ (SUERTEGARAY *et al.*, 2001).

Práticas de manejo que mantenham ou aumentem os teores de matéria orgânica podem reduzir suas limitações. Culturas perenes plantadas em áreas de RQo requerem manejo adequado e cuidados intensivos no controle da erosão, da adubação e da irrigação, sob pena de acarretarem baixas produtividades em curto prazo (CORREIA *et al.*, 2002).

Nas áreas de ocorrência de RQ em geral a importância dos veranicos é decisiva. Em culturas anuais, a baixa capacidade de retenção de água e as condições edáficas limitadas dificultam sobremaneira o desenvolvimento radicular. Por isto, o veranico constitui um fator de risco para a agricultura de sequeiro, posto que 80 a 90% dos cultivos anuais ocorrem entre outubro e abril (ASSAD *et al.*, 1994a e SPERA, 1999). O veranico costuma ocorrer entre janeiro e fevereiro, no Cerrado. Assim, é necessário manejar as culturas anuais de forma a que o veranico coincida com as fases de maturação e colheita (ADAMOLI *et al.*, 1986).

As possibilidades de uso para os RQo, conforme o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) e IAPAR (1999) são as seguintes, por grupo de utilização:

- lavouras: não recomendável para condições de sequeiro com exploração contínua; lavouras perenes, como citros e cana-de-açúcar, são utilizados mas não apresentam aptidão, demandando uso intenso de práticas de conservação de solos;
- pastagens: procuradas pelo baixo custo de aquisição, mas com risco de degradação e esgotamento em curto prazo; lotações limitadas a 1 ua.ha⁻¹; pastagens naturais não suportam lotações maiores que 0,2 ua.ha⁻¹; não se conhecem as decorrências nutricionais para o gado;

⁷ Arenização: termo entendido como o retrabalhamento de depósitos areníticos, pouco ou nada consolidados, e que provocam nessas áreas uma dificuldade de fixação da vegetação, devido à constante mobilidade dos sedimentos (SUERTEGARAY, 1987).

- silvicultura: respeitando as áreas de preservação permanente e sobre áreas planas ou suavemente onduladas, é opção indicada desde que com manejo adequado e cultivo mínimo. reflorestamentos em áreas degradadas são opção de utilização e manejo que pode aliar a conservação, a preservação e a produção em solos frágeis;
- preservação e conservação da flora e da fauna: implantação de unidades de conservação de proteção integral ou uso sustentável, públicas ou privadas;
- sistemas agrosilvopastoris e agroflorestais: práticas aceitáveis desde que com manutenção de silvicultura na maior parte da área; exemplos são os plantios de seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss) Müll. Arg.) e baru (*Dipteryx alata* Vogel.).

Nos subgrupos do RQo (4º. Nível Categórico) há 11 classes de solos que podem se desenvolver. A Tabela 1 detalha os atributos de cada uma destas classes.

Tabela 1. Subgrupos de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (RQo)⁸

Subgrupo	Característica
húmicos	com horizonte A húmico
fragipânicos	com fragipã em 1 ou + horizontes dentro de 120cm
solódicos	com caráter solódico em 1 ou + horizonte dentro de 200cm
êutricos	apresentam pH em H ₂ O ≥ 6,5 acoplado a valores de S ≥ 2,0 cmol _c .kg ⁻¹ de solo
lépticos	com contato lítico dentro de 120cm da superfície do solo
espódico	com acumulação de C org. iluvial e Al com ou sem Fe, mas cujas características de cor e/ou cimentação não satisfazem os requisitos para horizonte B espódico, dentro de 200cm da superfície do solo
plínticos	com 5% ou + de plintita e/ou petroplintita, em 1 ou + horizontes mas que não satisfazem os requisitos para horizonte plíntico dentro de 200cm da superfície do solo
gleicos	com horizonte glei dentro de 200cm da superfície do solo, mas cujos requisitos não satisfazem para RQd
latossólicos	com horizonte B latossólico iniciando-se dentro de 200cm da superfície do solo
argilossólicos	com horizonte E dentro de 200cm da superfície do solo
Típicos	Outros solos que não se enquadram nas classes anteriores

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1999) e Prado (2003)

4. NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS NO CERRADO E NO SUDOESTE GOIANO

1.1.2 4.1. DOMÍNIO MORFOCLIMÁTICO DO CERRADO (DMC)

O DMC envolve, sobretudo, terras de dez Estados do Brasil, na escala adotada, nos quais os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS se desenvolvem especialmente nos estados de Tocantins, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e também em Goiás, onde se concentram na região do Sudoeste Goiano. A Figura 01 mostra as ocorrências de RQo no DMC já relacionadas com o substrato geológico. São comuns em trechos de superfície quase plana das grandes chapadas e nos

⁸ O detalhamento dos subgrupos de RQo tornou-se necessário neste trabalho, considerando que o objeto principal de estudo são NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos típicos, onde o subgrupo típico, são todos os RQo que não se enquadram nas demais classes de RQo.

relevos suavemente ondulados (RESENDE *et al.*, 2002; LEPSCH, 2002) onde ocupam área de 15% dos 2.037.600 km² desse Domínio (MACEDO, 1996). A Figura 1 mostra a distribuição dos RQo nos Estados contidos no DMC.

O clima no Cerrado é do tipo Aw com base na classificação de Koëppen, ou seja, tropical úmido com duas estações distintas, uma com inverno seco e outra com verão chuvoso. A média térmica anual muda pouco na região (20 a 26° C), associada à disposição topográfica. A média pluviométrica anual é de 1500 mm (NIMER, 1989), com chuvas concentradas entre novembro e março (ASSAD *et al.*, 1994b; MARQUES *et al.*, 2002). Essas características variam gradativamente em função das influências climáticas das regiões circunvizinhas. Nas porções mais a norte e oeste, a transição para o Domínio Morfoclimático Amazônico determina pluviosidades anuais superiores a 2000 mm. Já nas porções leste, a transição para o Domínio Morfoclimático da Caatinga favorece a redução pluviométrica anual (menos de 1000 mm). Cerca de 90% da área do Cerrado apresenta déficit hídrico durante 4 a 7 meses. A região tem elevada radiação solar, média a baixa umidade relativa do ar e, por conseguinte, alta demanda evapotranspirativa, determinando *déficit* hídrico no período seco. Uma característica marcante do clima do Domínio é a ocorrência de veranicos entre janeiro e fevereiro, que se constitui em fator de risco para práticas agrícolas, como já exposto (SPERA, 1999).

Nas áreas de ocorrência dominante de RQ no domínio dos Cerrados (Figura 1 e Tabela 2), em suas bordas (transição da zona) por influência da geologia e da geomorfologia podem ocorrer outros solos, quase 71% dos 295.390,21 km² do DMC estão associados aos Latossolos em suas várias Subordens e Grandes Grupos (Tabela 3).

Tabela 2. Quantificação dos RQo (NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos) no DMC (Domínio Morfoclimático do Cerrado) por UF (Unidade da Federação)

UF	Área da UF (km ²)	Área do DMC na UF (km ²)	Participação do DMC na UF (%)	Área dos RQo na UF (km ²)	Participação dos RQo na UF (%)	Área dos RQo no DMC na UF (km ²)	Participação dos RQo no DMC na UF (%)
TO	279.127,04	254.357,20	91,13	45.525,57	16,31	44.433,63	15,92
MS	357.884,12	217.891,78	60,88	57.873,08	16,17	53.478,67	14,94
MT	899.518,59	356.376,45	39,62	118.656,93	13,19	98.944,32	11,00
MA	325.845,74	211.904,00	65,03	25.975,32	7,97	25.322,14	7,77
BA	564.177,93	151.979,98	26,94	54.248,50	9,61	28.064,63	4,97
GO	341.986,04	331.994,86	97,08	14.392,19	4,20	14.392,19	4,20
MG	587.867,00	335.698,78	57,11	22.892,01	3,89	22.892,01	3,89
PI	252.440,29	95.057,76	37,66	26.596,09	10,53	5.288,08	2,09
SP	250.101,09	81.247,63	32,49	2.242,02	0,89	1.913,66	0,76
RO	238.869,12	526,31	0,22	15.964,64	6,68	238,77	0,10
DF	5.822,00	5.822,00	100,00	30,86	0,53	100,00	0,53
Total	4.103.638,96	2.042.856,75	49,78	384.397,21	9,37	295.068,10	14,44

Em escala de maior detalhe (1:1.000.000), foi detectado também no Distrito Federal a presença de 0,53%⁹ de seu território com RQo, somando mais 30,86 km², para o bioma cerrado (EMBRAPA, 1978).

Reatto *et al.* (1998), não só confirmam a presença desses solos no Cerrado como informam que nesse Domínio os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS ocupam 21,6% de seu território, os NITOSSOLOS/ARGISSOLOS cobrem 18,6% e os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos ocupam 15,2%. Trata-se, assim, de uma classe que ocupa grande área do Bioma, embora sejam poucos estudados e por isso demandem mais pesquisas principalmente devido sua conhecida susceptibilidade natural à erosão e sua baixa aptidão agrícola (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

Tabela 3. Associações de RQ no DMC, detalhando áreas e percentagem de ocorrência

N.	Descrição do RQo	Área (Km ²)	%	N.	Descrição do RQo	Área (Km ²)	%
1	RQo + LVd	36.742,89	12,44	19	RQo + LVd + RUbd	4.805,82	1,63
2	RQo + GXbd + RQd	35.357,37	11,97	20	RQo + LVAd + RUbd	4.632,12	1,57
3	RQo + LAd + GXbd	30.184,11	10,22	21	RQo + LVAd + RQd	4.604,58	1,56
4	RQo + LVAd + FFcd	28.755,79	9,73	22	RQo + GXbd + LVAd	4.485,08	1,52
5	RQo + PVAd + LVd	16.556,60	5,60	23	RQo + FFcd + RLd	4.018,51	1,36
6	RQo + LVAd	12.530,62	4,24	24	RQo + PVAd + RQd	2.830,75	0,96
7	RQo	12.241,10	4,14	25	RQo + RQd + GXbd	2338,3	0,79
8	RQo + LVd + RLd	11.349,21	3,84	26	RQo + PVAd + LVAd	2.210,25	0,75
9	RQo + LAd + FFcd	8.727,43	2,95	27	RQo + PVAe + PVe	1.971,22	0,67
10	RQo + RQd + LVd	8.720,53	2,95	28	RQo + LAd + RQd	1.927,93	0,65
11	RQo + RLd + RQd	8.283,79	2,80	29	RQo + RLd + AR	1.714,32	0,58
12	RQo + FFcd	7.584,52	2,57	30	RQo + GXbd	1.596,20	0,54
13	RQo + GXbd + PVAd	7.370,66	2,50	31	RQo + RQd + FFcd	955,735	0,32
14	RQo + LVAd + RLd	6.987,46	2,37	32	RQo + FXd + GXbd	813,292	0,28
15	RQo + LVd + LVAd	6.968,31	2,36	33	RQo + RLd + GXbd	771,691	0,26
16	RQo + LAd	6.089,68	2,06	34	RQd	567,472	0,19
17	RQo + PVAd + RLd	5.322,83	1,80	35	RQd + SXd + ESg	305,999	0,10
18	RQo + RQd	5.068,05	1,72		Área total	295.390,21	100,00

Legenda dos solos

Pve	Argissolos Vermelho eutrófico	RQd	Neossolo Quartzarênico hidromórfico
PVAd	Argissolos Vermelho-Amarelo distrófico	RQo	Neossolo Quartzarênico órtico
PVAe	Argissolos Vermelho-Amarelo eutrófico	RQo	Neossolo Quartzarênico órtico
Esg	Esposolos Ferrcárbicos hidromórfico	RUbd	Neossolos Flúvicos Tb distrófico
GXbd	Gleissolos Háplicos Tb distrófico	RLd	Neossolos Litólico distrófico
LAd	Latossolo Amarelo Distrófico	SXd	Planossolos Háplicos distrófico
LVd	Latossolo Vermelho Distrófico	FXd	Plintossólos Háplicos Distrófico
LVAd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico	FFcd	Plintossolos Pétricos concrecionario distrófico

⁹Com base em levantamentos de solos realizados por EMBRAPA (1978) e por Campos *et al.* (2001).

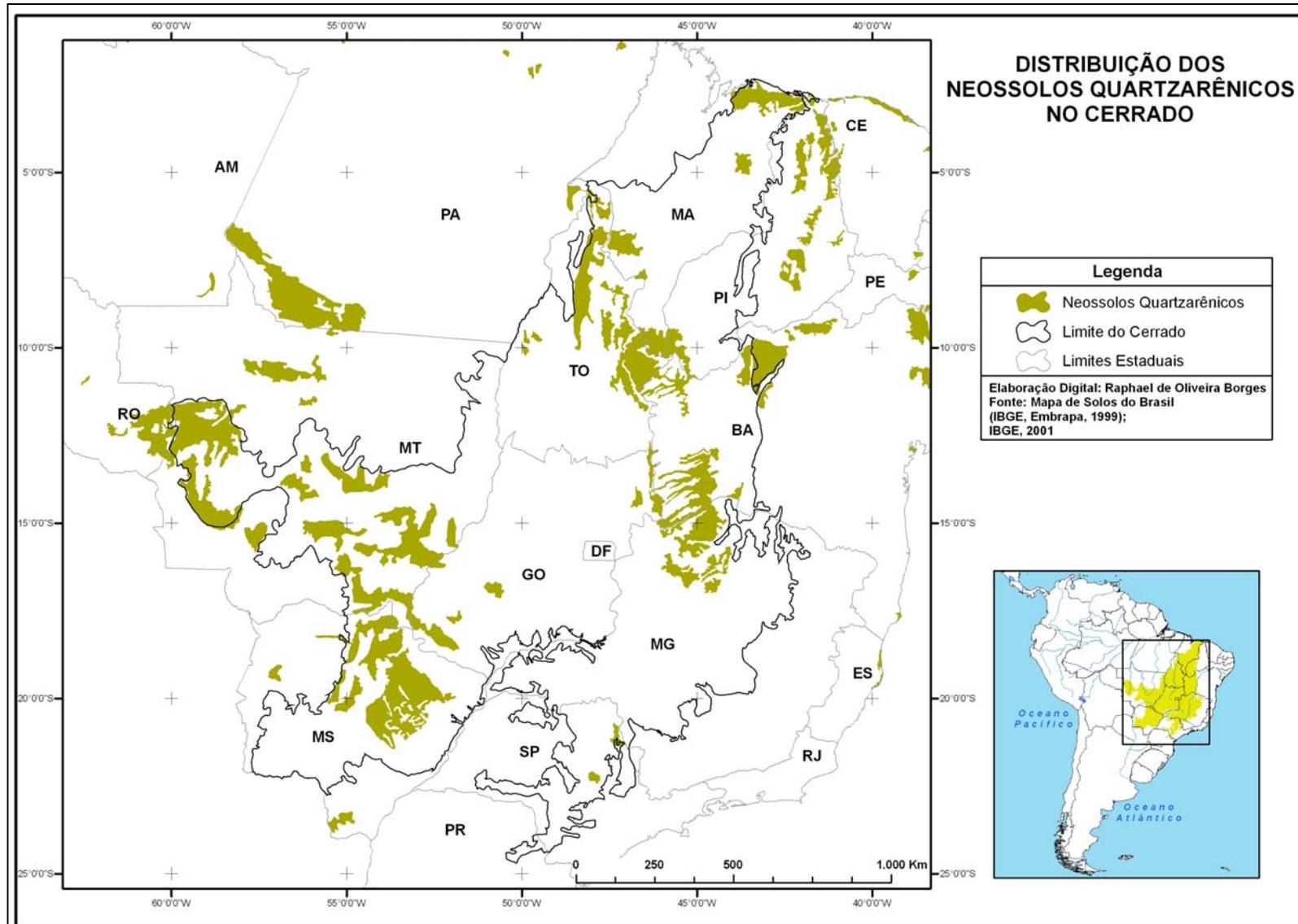


Figura 1. Mapa das unidades geológicas sob RQo no Domínio Morfoclimático dos Cerrados.

Reatto *et al.* (1998), entretanto, confirmam que estes solos estão associados tanto a sedimentos arenosos de cobertura como de alterações de rochas que sejam areníticas ou quartzíticas, ocorrendo normalmente sobre relevos plano ou suave ondulados.

Sob o aspecto de geologia, a revisão da literatura mostra que os RQ mais estudados correspondem basicamente àqueles relacionados aos arenitos da Bacia Sedimentar do Paraná, embora parte significativa dela esteja fora do DMC. Numa visão bastante preliminar, as ocorrências de RQ internas ao DMC parecem relacionar-se também a arenitos finos de outras bacias sedimentares, predominantemente.

A Bacia Sedimentar do Paraná situa-se no centro leste da grande Plataforma Sul-Americana e cobre uma área de aproximadamente 1.600.000 km², dos quais cerca de dois terços situam-se nos Estados brasileiros do Rio Grande do Sul até Goiás, estendendo-se para o interior por Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 1983; OLIVEIRA, 2004). No DMC apresenta-se como um extenso planalto alongado que se estende desde o sudeste de Mato Grosso até o sudoeste de Goiás, passando por toda a porção leste de Mato Grosso do Sul, onde as rochas sedimentares quase sempre estão horizontalizadas ou com leve caimento para o interior.

Dentre as unidades geológicas da Bacia Sedimentar associadas aos RQ destaca-se a Formação Botucatu, do Grupo São Bento, que se constitui de depósitos arenosos de idade Jurássica, tipicamente eólicos, embora contenha pontualmente deposições fluviolacustres com termos mais finos, como silte e argila. Os arenitos eólicos desenvolvem depósitos em forma de dunas, escudos arenosos e contêm sedimentos fluviais de depressões sem escoamento. Os grãos variam de médios a muito finos, mas regionalmente são finos a muito finos, róseo-avermelhados, bem selecionados, comumente silicificados e com estratificação cruzada de pequena a grande amplitude. Na maior parte de sua zona de ocorrência, a Formação Botucatu representa níveis de arenito intercalados com derrames basálticos em camadas que podem ter várias dezenas de metros em espessura e grande extensão horizontal (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 1983).

Regionalmente, sustentam relevos de chapadões extensos, planos a suavemente ondulados, ou serras cujas encostas exibem escarpas abruptas e morros testemunhas tabuliformes. Nota-se sua ocorrência marcante nas zonas rebaixadas que as contornam, como nos setores predominantes pouco dissecados, onde a rede de drenagem desenvolve padrão dendrítico arborescente nas cabeceiras e dentrítico-paralelo de baixa densidade nos canais maiores que 2^a e 3^a ordem, os quais revelam controle litoestrutural (CAMPOS *et al.*, 2001; CASTRO *et al.*, 2004). A alta friabilidade do RQo correlativo dessa Formação relaciona-se com a própria natureza da rocha (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 1983).

A cobertura vegetal associada ao Domínio do Cerrado, conforme Ribeiro & Walter, (1998) abarca fisionomias de formações florestais, savânicas e campestres. Como fisionomias mais exigentes no que concerne às propriedades físicas e químicas do solo, as formações florestais não são esperadas sobre RQo. Tampouco ocorrem sobre eles as fisionomias rupestres de quaisquer destas formações. De fato, com base em teorias climáticas, bióticas e pedológicas e considerando as condições de escleromorfismo oligotrófico, ocorrem sobre RQ formações savânicas e campestres. Há maior frequência de fitofisionomias que apresentam distribuição rarefeita de indivíduos arbóreos, ou daquelas em que eles não ocorrem. Essas fisionomias são os cerrados sentido restrito, típico e ralo,

da formação savânica, bem como as fitofisionomias campo sujo seco e campo limpo seco da formação campestre.

1.1.3 4.2 SUDOESTE GOIANO

O Sudoeste Goiano corresponde a uma região do Estado de Goiás dominada por extensos chapadões (AB'SÁBER, 1953), sustentados sobretudo por rochas da Bacia Sedimentar do Paraná, como exposto, cobertos por latossolos espessos e argilosos e circundados por escarpas dissecadas seguidas por zonas rebaixadas, onde os declives são fracos e os solos arenosos do tipo RQ dominam quando o substrato é arenítico.

Resende *et al.* (1988) apresentam um mapa esquemático de ocorrência dos RQo identificando as principais classes de solos do país, ainda sob a denominação de Areias Quartzosas. Entretanto, nestes mapas não se evidencia a presença de grandes exposições no Sudoeste Goiano. Macedo (1996), citando os principais locais de ocorrência de Areias Quartzosas do Cerrado, tampouco menciona o estado de Goiás. Novaes *et al.* (1983), ao contrário, ressaltam que as ocorrências de RQo na região são bastante expressivas na escala regional adotada (1:250.000). Na região representada pela Folha SE.22 (Folha Goiânia), escala 1:1.000.000, do Projeto RADAMBRASIL (1983) os RQo abrangem 41.408.000 ha (quase 15% da área mapeada).

Nesta região as ocorrências de maior extensão da Formação Botucatu no estado de Goiás encontram-se numa faixa que se estende da borda oriental da Serra Azul, entre o rio Verde e o rio Doce até as proximidades da cidade de Mineiros. Nesta área são também registradas manchas condicionadas por falhamentos regionais que expõem estes arenitos (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 1983). Essa importante faixa, com larguras no sentido SE-NW de aproximadamente 40 até cerca de 90 km, apresenta espessura das deposições que varia regionalmente de poucas dezenas até cerca de 500 metros. No município de Serranópolis, dessa mesma região, a espessura da Formação Botucatu foi estimada em mais de 100 metros (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 1983).

A região do Sudoeste Goiano compreende uma área de 47.605,77 km² equivalente a 4.760.576,60 ha, dos quais 586.114,80 ha são cobertos por RQo (Figura 2), o que equivale a 12,31 % do total da área desta região. Considerando-se Goiás, embora este tipo de solo represente apenas 4,20 % da área estadual, o Sudoeste do Estado é praticamente a única região que apresenta esta classe de solo, e é onde sua participação é significativa.

Os RQo dessa região também estão associados principalmente à Formação Botucatu, onde 384.348,09,00 ha estão concentrados em cinco grandes exposições desses solos (Tabela 4) correspondendo a 65,64% dos RQo no SW Goiano, embora pequenas manchas de RQo apareçam sobre outras formações geológicas.

Serranópolis é o município que apresenta maior ocorrência de RQo no Sudoeste Goiano e do Estado, respondendo por 42,12 % de sua área total. O efeito da maior presença de RQo nos municípios da região é extremamente importante. No município de Serranópolis, onde domina a pecuária e os RQo estão com problemas de degradação o PIB/km² em 2003 foi de R\$ 17.560,04, enquanto que nos municípios de Mineiros e Jataí, onde dominam Latossolos Vermelho e Vermelho

Amarelo foi respectivamente R\$ 45.297,69 e 141.186,28. Os municípios apresentam áreas e condições climáticas comparáveis. Serranópolis é o menor dos três, com 5.526,53 km², contra Mineiros com 8.896,30 km² e Jataí com 7.174,22 km². Ressalta-se que os municípios de Mineiros e Jataí possuem apenas 16,68 e 7,27 % de sua área coberta por RQo, respectivamente.

Devido à proximidade com ambientes latossólicos de alta produtividade, principalmente a montante das áreas com RQ, e à facilidade de mecanização agrícola destes solos, na região do Sudoeste Goiano, ligada à história de ocupação desta área nas últimas quatro décadas (CASTRO *et al.*, 2004) e à intensa demanda por frentes de produção, os ROo foram inadvertida e indevidamente incorporados ao sistema produtivo e explorados pela agricultura e pecuária tradicional. Passaram a ter com isso intensas discrepâncias de uso e conseqüências por vezes não restauráveis para os aspectos ambientais e econômicos para os proprietários rurais afetados, que após insistirem algum tempo, dado o baixo retorno e o alto custo de produção e dificuldade crescente de manutenção, acabam destinando essas áreas à pastagem, normalmente com *Brachiaria* sp.

As fotos apresentadas nas figuras 3 a 7, detalham exemplos reais de danos graves, evidenciando que a persistências deste modelo de exploração econômica inviabiliza qualquer possibilidade de busca pelo desenvolvimento sustentável.

Tabela 4. Quantificação de áreas com RQo no sudoeste Goiano e sua geologia

Geologia	aa_Qha	ab_Qpi	ad_TQdl:	ag_Tc	ai_Kbm	aj_Kba	ap_JKsg
RQo (ha)	9.469,63	6.830,01	0,17	13.042,16	8.373,73	13.259,10	9.712,33
%	1,62	1,17	0,00	2,23	1,43	2,26	1,66
Geologia	ar_Jdb	as_Pc	at_Pir	au_Cpa	ax_Dpg	Az_Df	aq_Jb
RQo (ha)	1.708,77	22.541,10	1.531,51	84.357,54	22.544,55	7.809,36	384.348,09
%	0,29	3,85	0,26	14,41	3,85	1,33	65,64

Legenda

aa_Qha:	Aluvião - Areia, Argila, Cascalho
ab_Qpi:	Cobertura Arenosa Indiferenciada - Areia Fina a Grossa
ad_TQdl:	Cobertura Detrito-Laterítica - Latossolo, Cascalho
ai_Kbm:	Formação Marília - Arenito, Conglomerado, Calcário
aj_Kba:	Formação Adamantina - Arenito, Conglomerado, Siltito
ap_JKsg:	Formação Serra Geral - Basalto, Arenito
aq_Jb:	Formação Botucatu - Arenito Eólico
ar_Jdb:	Diques e Soleiras de Diabásio – Diabásio
as_Pc:	Formação Corumbataí - Siltito, Folhelho, Sílex
at_Pir:	Formação Irati - Folhelho Negro, Calcário, Sílex
au_Cpa:	Grupo Aquidauana - Arenito Vermelho, Siltito
ax_Dpg:	Formação Ponta Grossa - Arenito, Folhelho, Siltito
az_Df:	Formação Furnas - Arenito, Conglomerado
bb_Svm:	Formação Vila Maria - Diamictito, Siltito, Folhelho

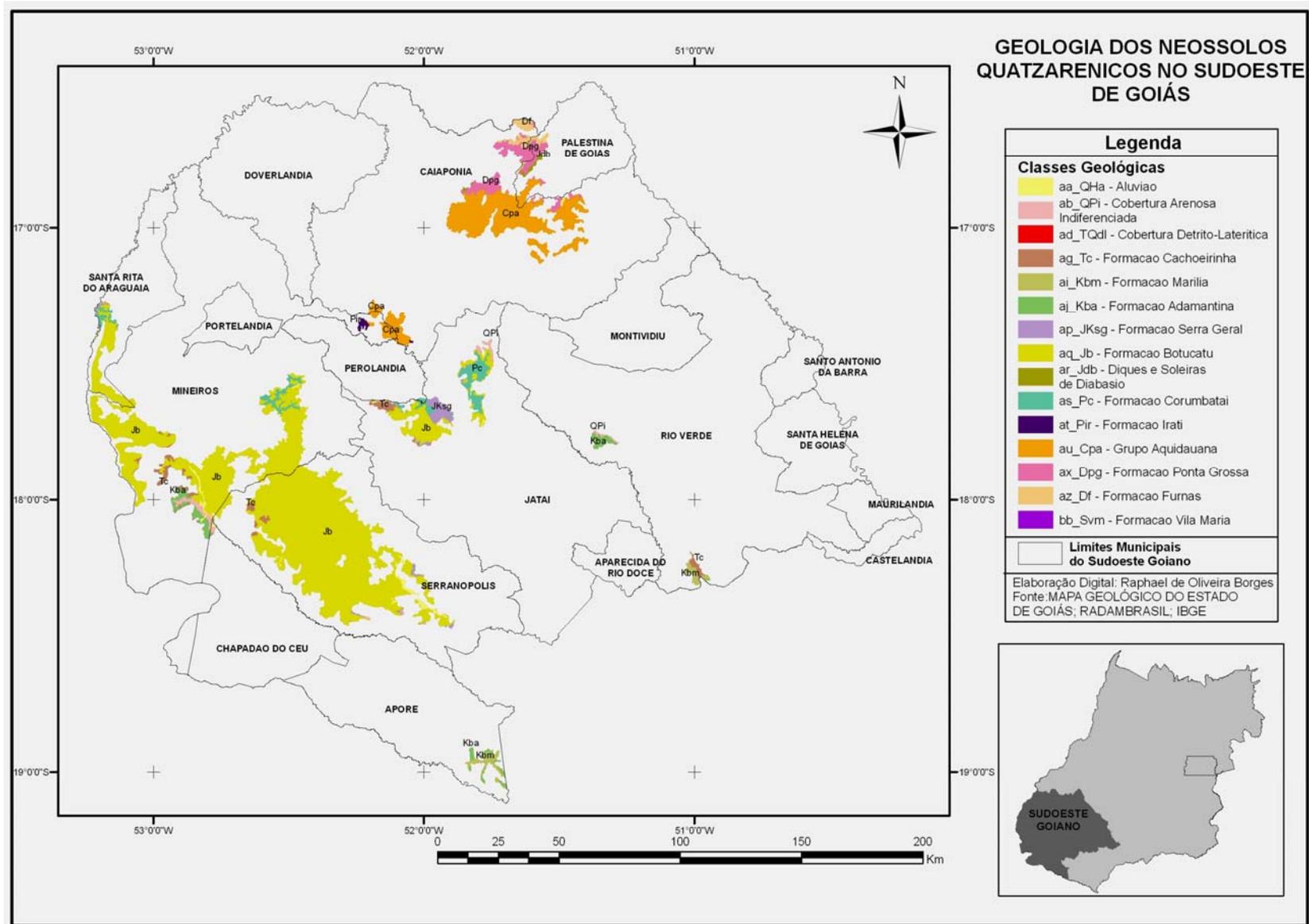


Figura 2. Áreas com RQo no sudoeste Goiano e sua geologia.

A degradação dos RQ é frequentemente resultante do uso e, sobretudo, do manejo inadequado destes solos (CASTRO *et al.*, 2004). Os indicadores mais comuns de sua degradação são:

- presença de areais esbranquiçados com vegetação rasteira e rala, descontínua (Figuras 4, 7 e 9) e posicionados frequentemente no terço médio das encostas ou em áreas de contribuições de voçorocas (Figuras 3);
- presença de cobertura morta ao final da estação seca (Figura 4 e 7) em meio a campo sujo onde apenas algumas espécies arbóreas, de sistema radicular profundo, subsistem;
- presença de assoreamentos arenosos nas baixas vertentes e fundos de vale (Figura 5);
- presença de animais comprometidos pela capacidade de suporte da pastagem, podendo-se mesmo chegar à perda de unidades (Figura 6);
- presença de marcas de ondas nos areais, após chuvas intensas (Figura 10) indicando fluxos lentos de águas rasas superficiais, quando excedem a taxa de infiltração, momentaneamente;
- presença de sulcos e ravinas (Figura 11) e de estruturas de subsidência e colapsos por ação de escoamento subsuperficial associado a *piping* (Figuras 12 e 13);
- presença de depósitos superficiais soterrando o horizonte a do RQ (Figura 14);
- perda de matéria orgânica no horizonte ap dos RQ e de capacidade produtiva, com aumento substancial do custo de produção e perda ou comprometimento da produção e produtividade.



1.1.4

1.1.5 Figura 3. Detalhe de voçoroca com 33 m de profundidade, em Serranópolis, Goiás, fenômeno comum em áreas de RQo.

A Figura 8 mostra os areais do sudoeste goiano, com base em imagem de satélite Landsat ETM+7 na composição RGB 5,4,3, órbita/ponto 223/73, 224/72 e 224/73, datadas de abril de 2003 e validadas em campo. Percebe-se que dos 586.114,80 ha de RQo, cerca de 1,0 % encontram-se degradados em forma de areais (segundo a metodologia adotada), o que é altamente preocupante.

A recuperação destes solos, quando degradados, vem sendo buscada através de revegetação com gramíneas para pastagem, o que é mais compatível com a sua aptidão agrícola natural. No Sudoeste Goiano, as evidências, mais de campo que outras, revelam que as poucas tentativas de recuperação destas áreas, embora ainda pouco estudadas, associam-se à sua

conversão para pastagem com *Brachiaria* sp. Para criação bovina extensiva, de baixo e médio nível de tecnificação no manejo.



Figura 4. Pastagem de *Brachiaria* sp degradada, final do período seco. Fazenda Córrego D'Anta, nascente do Rio Claro. Paraúna/GO.



Figura 5. Assoreamento de fundo de vale no Córrego Feio, Serranópolis/GO, resultando em degradação.



Figura 6. Bacia do córrego Panela em pastagem degradada com formação de extensos areais e influência no rebanho bovino.



Figura 7. Vale do córrego Retiro Velho, (Serranópolis/GO) com áreas contínuas de areais, a partir de pastagens abandonadas.

Soma-se à baixa aptidão agrícola a erodibilidade destes solo, que é elevada (SALOMÃO, 1999; SPERA, 1999; SCOPEL, 2003). Entretanto, várias tentativas de cultivo têm sido constatadas em campo (cana-de-açúcar, soja, milho e sorgo) e rapidamente abandonadas após poucos anos, dado o elevando custo de produção, principalmente a soja.

Tem-se constatado em campo a falta generalizada de práticas conservacionistas, aliadas ao descumprimento da legislação ambiental, nestas áreas. Quando adotadas, estas práticas são comumente edáficas (correção e adubação) e mecânicas, frequentemente na forma de terraceamentos com camalhões sem cobertura vegetal, o que não é recomendável para estes solos (Figuras 15 e 16). Assim, processos erosivos e baixa produção têm sido marcantes destas áreas no sudoeste goiano, conforme depoimentos freqüentes de proprietários rurais da região.

Tabela 5. Quantificação de areias no sudoeste goiano.

Unidades Geológicas e Litologias	Área em Focos de Arenização	
	(ha)	(%)
aq_Jb - Formação Botucatu - Arenito Eólico	6.582,94	85,279
ab_QPi - Cobertura Arenosa Indiferenciada - Areia Fina a Grossa	329,668	4,271
aa_QHa - Aluvião - Areia, Cascalho	324,985	4,21
aj_Kba - Formação Adamantina - Arenito, Conglomerado, Siltito	159,573	2,067
ap_JKsg - Formação Serra Geral - Arenito	141,336	1,831
au_Cpa - Grupo Aquidauana - Arenito Vermelho, Siltito	87,58	1,135
ag_Tc - Formação Cachoeirinha - Sedimento Arenoso	46,485	0,602
as_Pc - Formação Corumbataí - Siltito, Sílex	33,604	0,435
at_Pir - Formação Irati - Sílex	13,13	0,17
Total	7.719,30	

No Sudoeste Goiano, 7.719,30 ha encontram-se degradados pelo processo de arenização, sendo que estes, 85% (6.582,94 ha) estão sobre a Formação Botucatu, distribuídos principalmente na bacia do rio verde, município de Serranópolis/GO.

Os processos erosivos lineares são favorecidos pela insuficiência de cobertura vegetal dos solos, por sua textura arenosa fina, pela baixa coesão de partículas, pela presença de trilheiros, caminhos, cercas de divisas e estradas rurais perpendiculares às curvas de nível e pela sucessão lateral de RQo e RQd (NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Hidromórficos) pouco profundos. Esta sucessão favorece a formação de fluxos hídricos subsuperficiais nestes últimos, que remontam a vertente no verão chuvoso, podendo gerar zonas de subsidência e abatimento associadas ao fenômeno de *piping*, promovendo voçorocamento (BARBALHO *et al.*, 2003; CASTRO *et al.*, 2004).

Os voçorocamentos evoluem por ciclos de erosão e deposição (RESENDE, 2003), promovendo a formação de extensos areais nos fundos de vale associados às voçorocas de médio e grande porte (BARBALHO, 2003; CASTRO *et al.*, 2004).

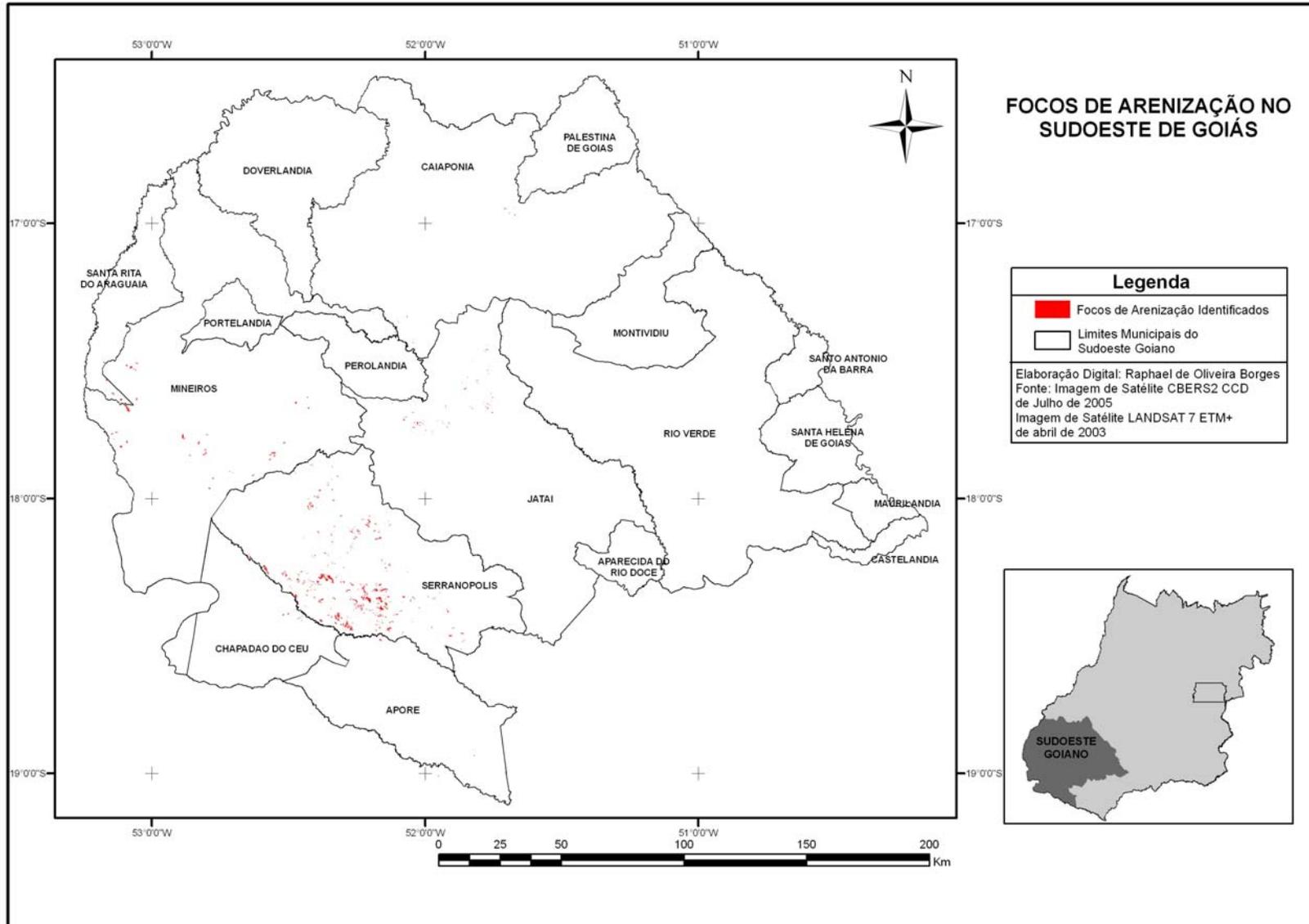


Figura 8. Focos de arenização no sudoeste de Goiás.



Figura 9. Areais esbranquiçados, destacando vegetação rasteira e rala, descontínua, posicionados em terço médio das encostas e em áreas de contribuições de voçorocas.



Figura 10. Marcas de ondas nos areais, após chuvas intensas indicando fluxos lentos de águas rasas superficiais.



Figura 11. Sulcos e ravinas originados a partir de pequenos "trilheiros" de bovinos.



Figura 12. Estruturas de subsidência (colapso) associadas à *piping*.



Figura 13. Colapsos por ação de escoamento subsuperficial associado à *piping*.

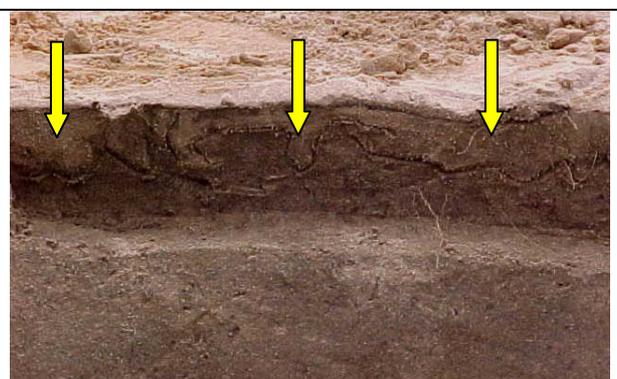


Figura 14. Presença de colúvios subsuperficiais soterrando o horizonte Ap do RQ e preenchendo sulcos.



Figura 15. Camalhões em áreas de RQo



Figura 16. Tentativa de contornar erosão

sendo desestruturados por erosão eólica.	em areais, utilizando a técnica de camalhões.
--	---

5. CONCLUSÃO

No Domínio Morfoclimático do Cerrado os RQ constituem uma classe de solos com grande área de ocorrência (cerca de 15%), cuja área mais significativa relaciona-se aos arenitos da Bacia Sedimentar do Paraná, principalmente a Formação Botucatu.

As características morfológicas e analíticas dos RQ (físicas e químicas) lhes conferem baixa aptidão agrícola, entretanto, moderada aptidão para pastagens, desde que bem manejadas, ou seja, em nível tecnológico regular a bom. Com elevada susceptibilidade erosiva, dada sua alta erodibilidade e as condições climáticas do Cerrado, com chuvas concentradas no verão, aliadas ao uso e ao manejo inadequados nas últimas quatro décadas, os RQ do Sudoeste Goiano, como os do Domínio Morfoclimático do Cerrado em geral, apresentam evidências de degradação por arenização, tanto por perda de sua já baixa fertilidade natural como pela instalação de processos de erosão hídrica.

Este padrão se repete no sudoeste goiano, praticamente a única região que apresenta estes solos no Estado de Goiás. A maior concentração de RQo nesta região (15%) encontra-se em Serranópolis, onde respondem por 42,12 % dos solos do município e encontram-se degradados, apesar de estarem com pastagem.

As feições erosivas tanto laminares quanto lineares já são fato notável nesta região. As maiores incidências de degradação destes solos encontram-se na presença de areais esbranquiçados, que constituem depósitos arenosos superficiais concentrados nos terços médio e inferior das encostas, na forma de colúvios preenchendo sulcos rasos ou de feições de assoreamento nos fundos de vale.

As técnicas de recuperação destas áreas degradadas devem promover o desenvolvimento de biomassa, a incorporação de matéria orgânica e o controle preventivo de erosão, preferencialmente com práticas edáficas e vegetativas. Devem-se evitar práticas mecânicas de grande movimento de terra, bem como trilheiros, caminhos, cercas de divisa e estradas rurais perpendiculares às curvas de nível. Em caso de absoluta necessidade, ou terraços devem ter os camalhões muito bem dimensionados e serem vegetados imediatamente. Recomenda-se florestamento, silvicultura e pastagem manejada com adequado grau tecnológico de manejo.

1.1.6 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. N. Contribuição ao estudo do Sudoeste Goiano. **Bol. Paulista de Geografia, Assoc. Geógrafos Brasileiros**. 4 (1), São Paulo/SP: 1953.

AB' SABER, A. N. **Domínios Morfoclimáticos e Províncias Fitogeográficas do Brasil. Orientação**. 3, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP: 45-48, 1967.

AB' SABER, A. N. **Os domínios morfoclimáticos da América do Sul. Geomorfologia**. 52, São Paulo/SP: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1977.

AB' SÁBER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo/SP: Ateliê Editorial, 160p. 2003.

ADAMOLI, J. *et al.* Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (ed.) **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC/São Paulo: Nobel, 1986. p. 33-74.

ANTUNES, E. C. **Sobrevivência e incremento diamétrico de 22 espécies arbóreas na recuperação de uma área degradada de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos no Sudoeste Goiano**. 2006. (*inédito*).

ASSAD, E.D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; RODRIGUEZ de CASTRO, L. H.; SILVA, F.A.M. da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. In: ASSAD, E. D., (Coord.) **Chuvvas nos cerrados: análise e espacialização**. Planaltina/DF: EMBRAPA-CPAC/Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994a.

ASSAD, M.L.L.; ASSAD, E.D. & EVANGELISTA, B.A. Chuvas extremas na região dos cerrados. In: ASSAD, E.D. (Coord.). **Chuva nos cerrados: análise e espacialização**. Brasília/DF: EMBRAPA/CPAC. 1994b.

BARBALHO, M.G.S. *et al.* Morfologia do relevo e ocorrências erosivas lineares na alta bacia do rio Araguaia, GO/MT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, X, Rio de Janeiro, 2003. **Temas e debates da geografia física na contemporaneidade**. Rio de Janeiro/RJ: UERJ, 2003.

BIZZI *et al.*, **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Sistema de informações Geográficas – SIG e Mapas na Escala 1:2.500.00**. Brasília/DF: CPRM, 2001.

CAMARGO M.N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.1, p.11-33, 1987.

CAMPOS, J. E. G.; SILVA, F. H. F. e. **Solos do Distrito Federal**. Brasília/DF: SEMARH. 2001.

CASTRO, S.S.; BARBALHO, M.G.; MARINHO, G.V.; CAMPOS, A.B.; SALOMÃO, F.X.T.; VECHIATTO, A.B. *Condicionantes geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso e manejo dos solos na circulação hídrica e processos de voçorocamento na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT)*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, XIV, Cuiabá, 2004. **Anais - Os (des)caminhos do uso da água na agricultura brasileira**. Cuiabá/MT: 2004. p 391-424

CORREIA, J. R. *et al.*, Solos e suas Relações com o Uso e o Manejo. *In*: SOUZA, M. G. & LOBATO, E. (Org.) **Cerrado: Correção do Solo e Adubação**. Planaltina/DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 29-79.

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA - SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO DE SOLOS. **Mapa pedológico do DF**, escala 1:100.000. Brasília/DF. 1978.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ. **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola**. Editado por Celso de Castro Filho e Osmar Muzilli. Londrina, 1999. 270p (IAPAR, Circular Técnica).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas de Solos do Brasil**. Escala 1:5.000.000, Rio de Janeiro/Goiânia, 2001.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo/SP: Oficina de textos, 2002. 178 p.

MACEDO, J. Os solos da região dos cerrados. *In*: Álvares V. *et al* (Org.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa/MG: SBCS; UFV, DPS, 1996, p 135-155.

MARINHO, G. V. & CASTRO, S. S. Estudo da piezometria com ênfase aos processos de voçorocamento na alta bacia do rio Araguaia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXIX, 2003. Ribeirão Preto/SP. **Anais** (CDROM). Ribeirão Preto/SP: CBCS, 2003a.

MARINHO, G. V.; CASTRO, S. S.. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA. 2003, Rio de Janeiro: **Anais**. (CDROM), 2003b.

MARQUES, J. J. G. S. M. *et al.*, Trace Elements in Cerrado Soils. *In*: SBCS. **Tópicos em Ciências do Solo**. v. I (2000). Viçosa: SBCS, 2002. p. 103-142.

NIMER, E.; BRANDÃO, A.M.P.M. **Balanco hídrico e clima da região dos cerrados**. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1989. 166p.

NOVAES, A.S.S., AMARAL FILHO, Z.P. do, VIEIRA, O.C., FRAGA, A.G.C., Pedologia: Levantamento exploratório de solos. *In*: **Projeto RADAMBRASIL**, Folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31). p 413-576.

OLIVEIRA, V.C.V. **Susceptibilidade e risco a erosão laminar no setor Sul do alto curso da bacia do rio Araguaia GO/MT**: Discussão metodológica e proposta de avaliação espacial. Dissertação (Mestrado), UFG/IESA. Goiânia, 2004.

PALMIERI, F. & LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. *In*: GUERRA, A. L. T. & CUNHA, S. B. (Org) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand Brasil, 2000. p. 59-122.

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese morfologia, classificação, levantamento e manejo**. 3 ed. Piracicaba/SP: H. do Prado, 2003. 275p.

Projeto RADAMBRASIL. **Vegetação**. Folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

RAMALHO FILHO, A., BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ª. ed. Ver. Rio de Janeiro EMBRAPA /CNPS. 1995. 65p.

REATTO, A., CORREIA, J.R., SPERA, S.T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. *In*: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. (Org) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina/DF: EMBRAPA - CPAC, 1998. p. 47-86.

RESENDE, M.; CURI, N.; Santana, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília, Ministério da Educação. Lavras, ESAL. Piracicaba, POTAFOS. 1988. 83p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G.F. **Pedologia: bases para a distinção de ambientes**. 4 ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338p.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. (Org.) **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina/DF: EMBRAPA - CPAC, 1998. p. 87-166.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. *In*: GUERRA, A. J. T. et al. (Orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand Brasil: 1999.

SCOPEL, A; PEIXINHO, D.M.; MARIANO, Z. de F.; SOUZA, M.S.; FREITAS, V. V. O processo de arenização no sudoeste goiano. *In*: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA APLICADA, X, Rio de Janeiro, 2003. Rio de Janeiro/RJ: UERJ. **Trabalhos completos** (CD ROM), 2003.

SOUZA JÚNIOR, J.J. de; FREIRE, F de A., OLIVEIRA, F.C., SILVA, R.H. de, BONOW, C. de W., MOREIRA, H.L. **Geologia**. *In*: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

SPERA, S. T. **Solos Areno-quartzosos no Cerrado: características, problemas e limitações de uso**. Planaltina/DF: EMBRAPA Cerrados, 1999. 48 p.

SUERTEGARAY, D.A. A trajetória da natureza: um estudo geomorfológico sobre os areas de Quarai, RS. **Tese de Doutorado**. USP/FFLCH. 1987. 243p.

SUERTEGARAY, D.A. *et al.* **Atlas da arenização – Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre/RS: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001. 85p.

Capítulo 2/Artigo 2
RELAÇÕES SOLO-RELEVO E A PRESENÇA DE AREAIS NA BACIA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS EM SERRANÓPOLIS/GO

Erides Campos Antunes¹⁰ & Selma Simões de Castro¹¹

RESUMO

A bacia do Ribeirão das Pedras apresenta extensos areais relacionados aos solos arenosos finos denominados de Neossolos Quartzarênicos órticos, em especial na sua pequena subacia córrego Panela, em Serranópolis/GO. Esses solos, por sua vez, relacionam-se a substratos areníticos da Formação Botucatu da Bacia Sedimentar do Paraná. Os areais são entendidos frequentemente como indicadores de degradação erosiva hídrica do solo, induzida pelo uso e manejo inadequados, fruto da discrepância entre a capacidade de uso e o uso. No Brasil, ao processo de formação dos areais dá-se o nome de arenização. Nesse artigo apresentam-se as características geoambientais da área da referida bacia hidrográfica com objetivo de fornecer subsídios para a compreensão das relações entre esses solos, o relevo e os areais.

Palavras-chave: Relação solo-relevo, Neossolos Quartzarênicos órticos, degradação ambiental, areais, arenização.

ABSTRACT

The Pedras's drainage basin presents extensive sandy superficial covers related to the fine sandy soils classified as Quartzipsamment Entisols typical, specially in Panela Brook basin, at Serranópolis, Goiás State, Central Brazil. These soils are related to sandstones of Botucatu Formation, Paraná Sedimentar Basin. The sandy covers stands are frequently indicator hydric erosive process of soil degradation, induced by unadequated use and management. In Brazil, these sandy covers are refereed as sandization process. The dim of paper is to present the geoenvironmental characteristics of the Pedras basin, to subsidize the knowledge about the relations between these soils, relief and sandy stands.

Key-words: soil-relief relation, Quartzipsamment Entisols Typical, environmental degradation, sandy stands, sandyzation.

¹⁰ *discente do Programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás.*

¹¹ *docente do curso de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás*

1. INTRODUÇÃO

Na região do Sudoeste Goiano, o município de Serranópolis/GO se destaca pela grande extensão ocupada por Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo) que ocupam cerca de 42,12 % do total de sua área. No Estado de Goiás é o município que mais apresenta extensos areais contínuos, com centenas de hectares, ocupando encostas cobertas por pastagens formadas e mesmo remanescentes de cerrado restrito, relacionados espacialmente com os RQo. A bacia do ribeirão das Pedras concentra parte significativa desses areais, destacando-se sua subacia do córrego Panela que apresenta os maiores. O objetivo deste artigo é apresentar as características geoambientais, às relações solo-relevo e a presença de areais na bacia do Ribeirão das Pedras em Serranópolis/GO, enfatizando a subacia do Córrego Panela.

Os areais são interpretados como depósitos de areias finas, esbranquiçadas “lavadas”, constituídas de quartzo, soltas e facilmente mobilizáveis pelas águas do escoamento superficial de origem pluvial e mesmo ventos. Eles ocorrem frequentemente associados a substratos areníticos, arenosos ou quartzíticos e foram bastante estudados no Rio Grande do Sul, principalmente desde a década de 1980, onde foram considerados existentes desde a pré-história dada a presença de sítios arqueológicos em alguns deles (SUERTEGARAY *et al.*, 2001; SCHMITZ, 2002), por isso seriam naturais, embora tenham considerado também sua origem como intensificada pelo uso, ocupação e manejo inadequado dos solos. Eles ocorrem em vários outros estados brasileiros, principalmente Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia e Maranhão, onde se associam também aos arenitos das bacias sedimentares, principalmente as do Paraná, do São Francisco e inclusive aos sedimentos arenosos mais recentes do Pantanal Matogrossense.

Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (antes denominados de Areias Quartzosas) são solos pouco desenvolvidos, por isso não apresentam horizonte B diagnóstico, apenas A e C; são em geral profundos e homogêneos, ácidos, álicos ou distróficos; são arenosos, alcançando até 15% de argila, com baixo grau de coesão de partículas, baixa fertilidade e baixa retenção de umidade devido sua elevada permeabilidade, assegurada pela macroporosidade (ANTUNES & CASTRO, 2006; MACEDO, 1996; NOVAES *et al.* 1983; REATTO *et al.*, 1998; PRADO, 1991 e 2003; RESENDE, 1988; EMBRAPA, 1999; COSTA *et al.*, 2002). São solos cobertos por vegetação das formações savânica e campestre, adaptadas às fracas condições hídricas e nutricionais. São bastante susceptíveis à erosão hídrica e quando se degradam desenvolvem os areais pela perda da pouca matéria orgânica dos seus horizontes A e baixa agregação.

No Estado de Goiás, tanto os areais como os RQo relacionados concentram-se no Sudoeste Goiano, como exposto, região essa que vem sofrendo um processo de transformação sócio-espacial relacionada às mudanças econômicas nos últimos 40 anos, favorecidos por programas governamentais federais como o Programa de Desenvolvimento do Centro-Oeste (POLOCENTRO), associados a II Plano Nacional de Desenvolvimento (1974 a 1979). Tais programas promoveram uma ocupação rápida e intensiva das terras às custas de desmatamentos indiscriminados, facilidades de crédito para atividades agrícolas e pecuária

“modernas”, incentivos a motomecanização e ao uso intensivo de insumos agrícolas como corretivos e adubos (GOMES *et al*, 2004).

Apesar de não ser homogênea em termos de solos e relevo, essa região vem sendo cada vez mais destinada à produção de grãos, em particular de soja, além de algodão e de carne bovina. A agroindústria cresceu notavelmente bem como a migração humana em busca de terras baratas e dos benefícios das políticas públicas. As cidades cresceram e a paisagem mudou de maneira notável e muito rápida. Originalmente ocupada por fitofisionomias do cerrado, essa região assistiu à sua intensa substituição por atividades agropecuárias até mesmo das terras de baixa ou nula aptidão. As áreas ocupadas por solos mais frágeis não foram poupadas e rapidamente sofreram os impactos adversos desse processo, como é o caso das áreas dominadas pelos RQo.

Em Serranópolis, os extensos areais se formaram há pouco mais de 20 anos, dado que não apareceu sobre as imagens de radar da década de 1970, após tentativa frustrada de cultivo de cana-de-açúcar para abastecimento da GOALCOOL Ltda, hoje denominada de Energética Serranópolis Ltda, seguida de pastagens, como se encontra até hoje.

2. A ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras corresponde a uma bacia de 3ª ordem, situa-se no município de Serranópolis, Estado de Goiás e contém a bacia hidrográfica do córrego Panela, de 1ª. Ordem, com 1.719,49 ha, afluente do córrego Retiro Velho (bacia de 2ª. ordem, com 9.470,84 ha), o qual por sua vez deságua no ribeirão das Pedras (bacia de 3ª. ordem, com 78.864,99 ha). Este desemboca no rio Verde (4ª ordem) que é afluente do Rio Paranaíba (Figura 1). Localiza-se a 18°20'30"/18°23'00" S e 52°12'00"/52°90'00" W.

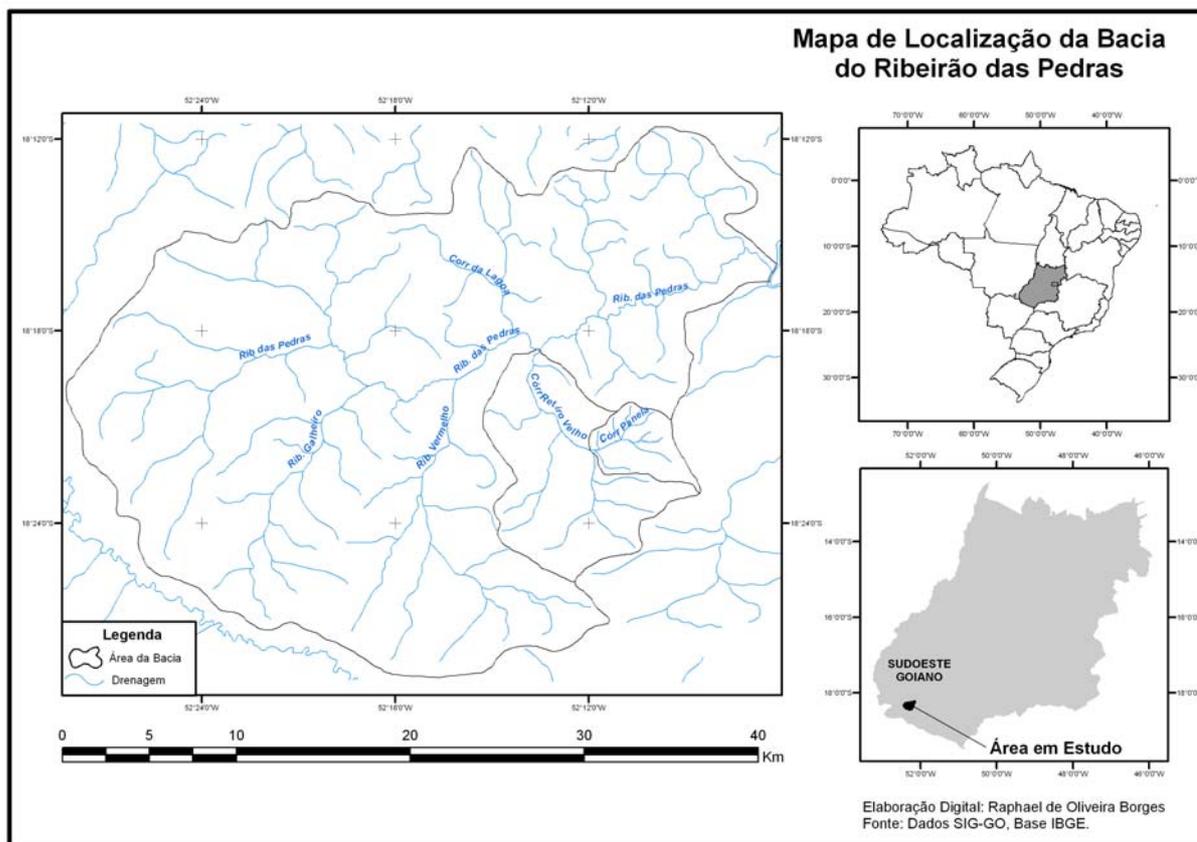


Figura 1: Localização na bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras e das bacias dos córregos Retiro Velho e Panela.

O município de Serranópolis foi criado em 1958, possuindo 5.565 habitantes em 2005 (SEPLAN-GO, 2005), sendo que destes 3.759 habitantes (67,55%) correspondia à população urbana em 2003¹². Verifica-se que em 1991 o município possuía 7.855 habitantes, ocorrendo redução de 29,15 % em 15 anos. Também no *ranking* do Estado, o município caiu do 78º (1991) para 102º (2000). O IDH-M de Serranópolis está na faixa média (0,754 em 2000)¹³, estando abaixo do índice regional (0,758) e do Estado (0,776). Verifica-se que o município de Chapadão do Céu, vizinho a Serranópolis, possui o maior IDH-M do Estado (0,834), e também se verifica que neste município não ocorrem áreas com NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS ou outros de baixa aptidão agrícola.

Serranópolis é o 4º município (8,99%) em área dentre os 26 que compõem a região do Sudoeste Goiano. É o 11º em produção de grãos com apenas 1,76% do total de produção da região, e o 6º em plantel bovino com 7,76% da região (SEPLAN-GO, 2005). Estes dados mostram o predomínio da atividade pecuária, destacando-se a produção de bovinos com plantel de 283.054 cabeças e produção agrícola em apenas 33.400,00 ha (SEPLAN-GO, 2005). São informações que reforçam a baixa capacidade de produção e aptidão agrícola dos RQo.

¹² Conforme dados da SEPLAN-GO, não há informações sobre população urbana e rural para os anos de 2004 e 2005.

¹³ Dados da SEPLAN-GO/SEPIN/Gerência de Estatística Socioeconômica (publicados em 2005 com dados de 2000), com base em PNUD, IPEA, FJP e IBGE.

Nesse município constatou-se a presença de extensos areais sobre RQo situados a montante de feições erosivas lineares de grande porte (voçorocas) e utilizados com pastagem há cerca de 23 anos, após tentativa frustrada de cultivo de cana-de-açúcar, para abastecimento da Energética Serranópolis Ltda.

Os RQ encontram-se frequentemente degradados por processos de *arenização* (SUERTEGARAY *et al.*, 1989) que promove a formação de depósitos de areias esbranquiçadas, soltas, sem cobertura ou com cobertura vegetal rala e extremamente esparsa, chamados de areais, onde se desenvolve com frequência a erosão hídrica laminar e a linear (ravinas e voçorocas). Tais áreas constituem um problema ambiental grave na medida em que se tornam progressivamente estéreis e de difícil recuperação. Em Serranópolis, um setor situado numa dessas manchas de RQo degradado, coberto com pastagem há pelo menos 23 anos igualmente degradada, vem sendo alvo de experimentação com espécies nativas do Cerrado (ANTUNES, 2006).

Este artigo tem por objetivo apresentar as características gerais da classe dos RQ, com destaque para o RQ Órtico típico da região do Sudoeste Goiano. Em particular, enfoca um areal onde se desenvolve experimento voltado à recuperação, na bacia do Córrego Panela, considerado representativo dos maiores areais de Serranópolis, com o fim de identificar os fatores de sua formação e de sua degradação, com vistas a obter subsídios para sua recuperação.

3. METODOLOGIA

A partir da carta base do IBGE (2001) foram georreferenciados as bacias do Ribeirão das Pedras, córregos Retiro e Panela, de onde se procedeu à restituição das manchas de RQo do Mapa de Solos do Brasil (IBGE, 2001) contidas no interior dos limites já estabelecidos para o Cerrado (ANTUNES, 2006). De posse do Mapa Geológico do Brasil (BIZZI *et al.*, 2001) de carta geomorfológica, geológica, pedológica, de hidrografia e vegetação do Projeto RADAMBRASIL – Folha SE22 de Goiânia (1983) escala 1:250.000 e de informações complementares da IBGE (2001), do Mapa Geológico do Estado de Goiás em escala 1:500.000 e de carta gerada por SRTM, efetuou-se o inter cruzamento de seus dados vetoriais para identificar as referidas relações para as bacias em análise. Foram assim obtidas as cartas detalhe de geologia, clinografia, hipsometria, formas do relevo, pedologia, capacidade de uso do solo, uso atual do solo e discrepâncias de uso. De posse destas cartas temáticas, estabeleceu-se a chave do cruzamento entre RQo e rochas do Domínio do Cerrado, bem como elaboraram-se os cálculos de áreas e de distribuição geográfica.

O uso do solo, incluindo os remanescentes do Cerrado e as ocorrências de areais, foram obtidos e quantificados com base nas imagens Landsat ETM+7 de abril de 2003, órbita/ponto 222/72, 222/73, 223/72, 223/73, 224/71, 224/72 e 224/73, na composição RGB 5,4,3 com controle de campo (observação e georreferenciamento com auxílio de GPS geodésico). Também foram utilizadas imagens CBERS de julho de 2005, visando a atualização dos dados.

A localização dos pontos de maior degradação iniciou-se a partir da coleta de amostras nos areais (coordenadas geográficas, principalmente no município de Serranópolis), onde foi gerada classificação de mínima distância no *software* ENVI. Foram extraídas as manchas preliminares dos focos de arenização, e posteriormente foi realizada uma interpretação visual, objetivando chegar à área efetiva de areais. Com isso, foi feita a montagem do mapa final de pontos com areais e o cruzamento deste com a geologia.

Na bacia do córrego Panela foram abertas quatro trincheiras no areal, com profundidade média de 1,4 m, dentre as quais foi selecionada uma, na qual foram descritos os horizontes do solo RQo, seguindo instruções de Lemos & Santos (1984), enfatizando o horizonte superficial, com o fim de identificar a transição entre o areal e o horizonte A do solo. Foram coletadas amostras deformadas para análise físico-química e amostras indeformadas em anéis metálicos cilíndricos com dimensão de 5 x 2,3 cm. Junto aos laboratórios LABOGEF/UFG¹⁴ e de Análise Físico-hídrica do Solo da EMBRAPA/CNPAF, foram tratadas as amostras indeformadas para determinação do volume do solo (V_s , g), densidade real ou de partículas ($g.cm^{-3}$), densidade do solo ($g.cm^{-3}$), microporosidade (MiP %), macroporosidade (Map %) e porosidade total (PT %), segundo a metodologia descrita por EMBRAPA (1987).

As amostras deformadas, coletadas em cada horizonte, foram analisadas nos laboratórios de solos da Solocria Ltda., segundo a metodologia de EMBRAPA (1987). Foram obtidos dados de textura (argila, silte, areia grossa e areia fina), matéria orgânica (%), pH em $CaCl_2$, P Mehlich ($mg.dm_3^{-1}$), K ($mg.dm_3^{-1}$), Ca, H+Al, Al, CTC em ($cmol.c.dm_3^{-1}$), relação C/N, M (%) e V (%).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geologicamente, a bacia do córrego Panela, onde se situa o perfil do solo amostral, assenta-se integralmente sobre a Formação Botucatu, porém as bacias do córrego Retiro Velho e do ribeirão das Pedras apresentam cerca de 89% e 96%, respectivamente, por conterem pequena parte da Formação Aquidauana (período geológico Neocarbonífero) e de Sedimentos Arenosos Indiferenciados (período geológico Terciário) em seus divisores de Sudoeste (Figura 2 e Tabela 1). Todos os RQo desenvolvem-se sobre a Formação Botucatu, por todo o ribeirão das Pedras.

O relevo é suave com presença de vertentes côncavas e convexas, apresentando rampas longas com baixas declividades, dominando as classes de 0 a 6% (Tabela 2 e 4, Figuras 3, 4 e 5). Essa situação é comum em áreas de RQo e favoreceria a conservação dos solos, desde que fossem preservados ou utilizados em acordo com suas limitações edáficas e hídricas, além de respeitada a legislação ambiental, no caso o Código Florestal Nacional (1967) e do Estado de Goiás (1995).

A hipsometria da área (Figura 4, Tabela 3) confirma os relevos de plano (49,20%) a suave ondulado (50,80%), com variações de altitude da ordem de 200m (560 a 785m) na bacia do córrego Panela, enquanto que o córrego Retiro Velho e o Ribeirão das Pedras, mesmo

¹⁴ Laboratório de Geologia e Geografia Física do Instituto de Estudos Sócio-ambientais, LABOGEF/ IESA/UFG.

tendo maiores áreas, apresentam comportamento similar ao regional, com aproximadamente 270m de variação (560 a 830m).

O padrão de drenagem da bacia do Ribeirão das Pedras é dendrítico e sua configuração é típica de entorno de relevo dissecado, como pode se observar na Figura 4, onde a subacia do Córrego Retiro, contendo a do Panela, são menores e que se posicionam como as mais próximas da chapada posicionada na margem direita do Ribeirão das Pedras. Este fato permite considerar que, geomorfologicamente, representam setor de intenso processo de dissecação erosiva, compondo grande anfiteatro entre os morros da Pororoca e do Bauzão, dentre outros (Figura 3).

Os RQo são exclusivos na bacia do córrego Panela (Figura 6, Tabela 5) e dominantes nas demais bacias, onde ocorrem também LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos nos topos das maiores divisões, seguidos de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS próximos a estes e também no baixo curso do referido ribeirão. Os NEOSSOLOS LITÓLICOS restringem-se à zona escarpada a sudeste e os GLEISSOLOS HÁPLICOS, aos cursos fluviais externos à bacia. Os RQo relacionam-se a esta forma de relevo, declives de 0-6% e altitudes de 560 e 650 m, predominantemente, podendo chegar a 740 m nos prolongamentos rebaixados associados aos morros da Pororoca e do Bauzão.

A Figura 7 e a Tabela 6 permitem constatar o predomínio do grupo B classe V com inclusões da classe VIII e do grupo A classe II de capacidade de uso das terras, o que significa que são terras cultiváveis apenas em casos especiais para as classes do grupo B. acrescentando-se a classe VII. Os solos da classe II do grupo A são cultiváveis, embora com problemas simples de conservação. Os RQo correspondem majoritariamente à classe 5 e apresentam problemas complexos de conservação, sendo destinados preferencialmente a reflorestamento ou pastagem (LEPSCH *et al.*, 1983).

As Figuras 8 e a Tabela 7 mostram o uso atual da área (2004) onde se constata o predomínio de pastagem em todas as ordens das bacias hidrográficas, seguida de cerrado restrito aberto que juntos somam acima de 70% do total da área total de cada uma. Nos RQo também dominam estes usos. Observações de campo revelaram que o cultivo de cana-de-açúcar aparece nas áreas de transição de RQo para LATOSSOLOS VERMELHOS (LV) e que a agricultura (com predomínio de soja) ocorre apenas sobre os LV.

Os areais aparecem por toda a bacia do Ribeirão das Pedras, como mostra a Figura 10, sendo que se concentram na subacia do Córrego Panela. A Figura 9 e a Tabela 8 revelam o predomínio do grau de discrepância moderado em todas as bacias, mas em relação à subacia do córrego Panela predomina o alto grau de discrepância, o que junto com o grau moderado soma mais de 70% de sua área, fato que inspira cuidado.

Cruzando-se todos os mapas temáticos apresentados e as observações de campo, pode-se concluir, em síntese, que os RQo na área confirmam a literatura, pois se desenvolvem sobre a Formação Botucatu, em terrenos com declives que variam predominantemente de 0 a 6% (88,2% da área) e secundariamente podem chegar a 12%. Suas formas correspondem a um relevo suavizado, com rampas longas concavizadas e por isso concentradoras de fluxos

hídricos, com utilização preferencial por pastagem, a qual se encontra degradada, expondo o solo, concentrando areia e favorecendo a erosão.

Suertegaray (1991), Suertegaray *et al.* (1991), Veiga *et al.* (1987) e Suertegaray *et al.* (2001) definem os areais como depósitos areníticos recentes pouco consolidados ou arenosos não consolidados, com cobertura vegetal escassa ou inexistente e em resultantes de retrabalhamento por agentes climáticos. Ainda relacionam sua gênese com a fragilidade das paisagens em sua totalidade e ressaltam a suscetibilidade das unidades litológicas a esse processo, associando-os à ação do escoamento superficial concentrado gerando ravinas e voçorocas e leques deposicionais nas suas bases. Deixam claro que sua origem no Rio Grande do Sul é natural e afirmam que a ação humana pode intensificá-la.

Nos estudos desenvolvidos no sudoeste do RS os areais posicionam-se frequentemente nos altos (próximo às cabeceiras de drenagem) e médios cursos, nas bacias hidrográficas onde dominam os campos, mas nos setores com reduzida biomassa, declividades muito suaves, em geral de 0 a 6%, ou excepcionalmente maiores, constituindo relevo colinoso amplo, localmente denominados coxilhas (SUERTEGARAY *et al.*, 2001).

As características dos areais do Córrego Panela (Figuras 10 e 11) comprovam essa análise feita para o RS, exceto no que se refere à origem natural, que para ser confirmada, além de aprofundamento das pesquisas, demanda inclusive pesquisa de sítios pré-históricos na área (SCHMITZ, 2002). Não há registro de areais nas fotografias da década de 1960, pelo que teriam idades supostamente bem mais recentes e relacionadas à degradação por uso.

Ao cruzar-se o mapa dos areais com o de uso e de capacidade de uso, pode-se perceber que se relacionam com pastagens, o que, na capacidade de uso do grupo B, classe VII, não implicaria em discrepâncias acentuadas. Entretanto, a Figura 9 revela setores ilhados nesta situação, que apresentam discrepância alta, frequentemente nos setores próximos às cabeceiras de drenagem com pastagens, o que não seria adequado.

Em campo, os areais correspondem a extensas áreas cobertas por depósitos arenosos esbranquiçados cujas características correspondem ao já exposto, como ilustram as Figuras 10 a 13. Vale a pena ressaltar que as fotos contidas nessas figuras mostram areal situado a montante de uma voçoroca de grande porte (Figura 13) em sua área de contribuição, onde foi mantido um experimento para sua recuperação com espécies arbóreas nativas e algumas exóticas adaptadas durante três anos (2003-2005) e cujo resultado revelou sucesso notável para a espécie *Caryocar brasiliense* Camb. (pequi) (ANTUNES, 2006). Dentre os oito perfis de RQo foi selecionado um representativo da área deste experimento, que foi considerado testemunha do areal com pastagem degradada, cuja descrição se encontra no Quadro 1.

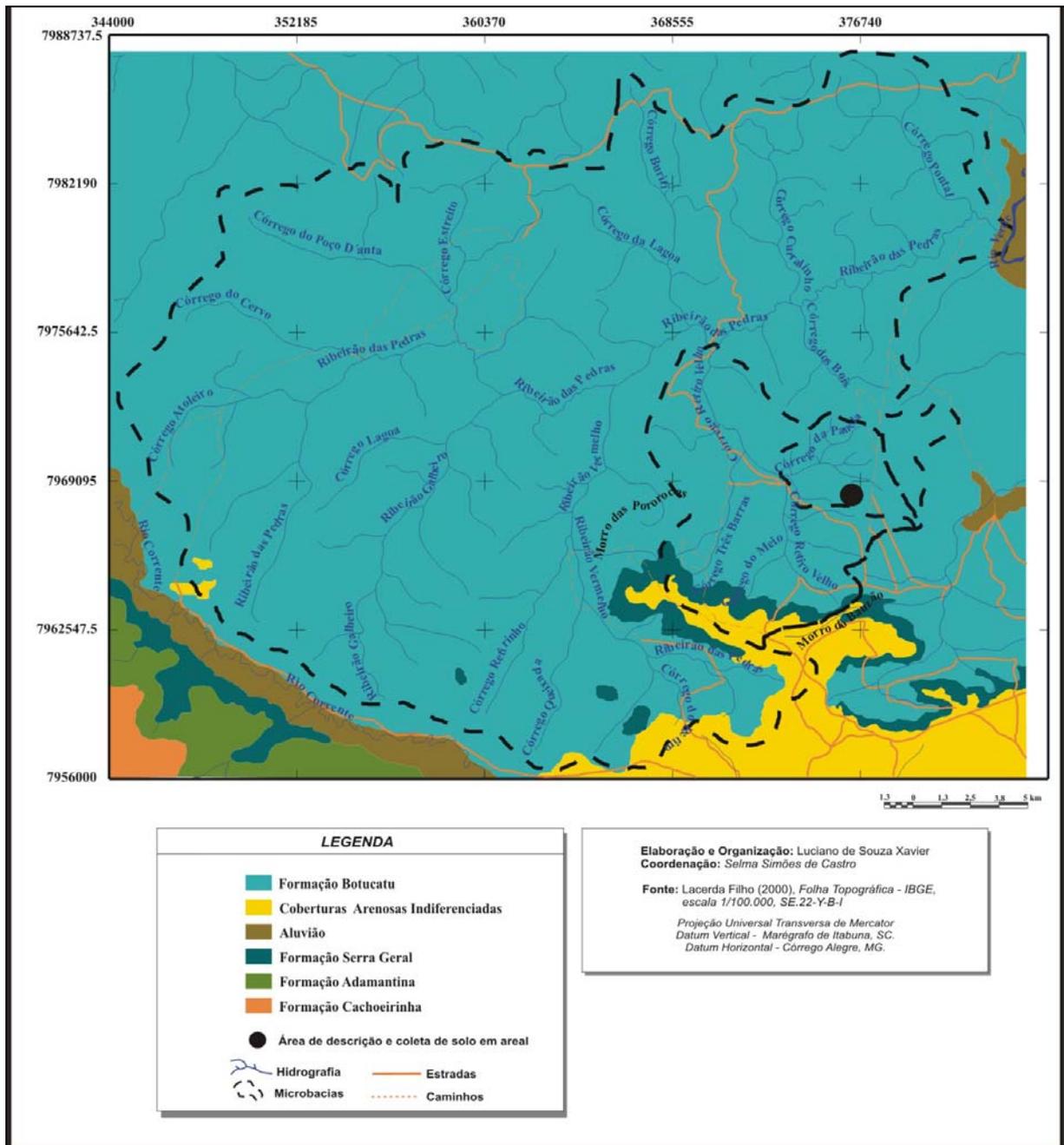


Figura 2. Geologia na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO.

Tabela 1. Área (ha) por classe geológica e por bacia hidrográfica na área de estudo.

Bacia	Aluvião (Qa)	Cobertura Arenosa Indiferenciada (TQ)	Formação Botucatu (T)	Formação Serra Geral (EC)
Córrego Panela	-	-	1.719,49	-
%	-	-	100,00	-
Córrego Retiro	-	443,45	8.422,71	604,68
%	-	4,68	88,93	6,38
Rib. das Pedras	82,43	1.720,33	75.576,82	1.485,41
%	0,10	2,18	95,83	1,88

Legenda: Qa: Quaternário; TQ: Terço/Quaternário; T: Triássico; EC: Eocretáceo.

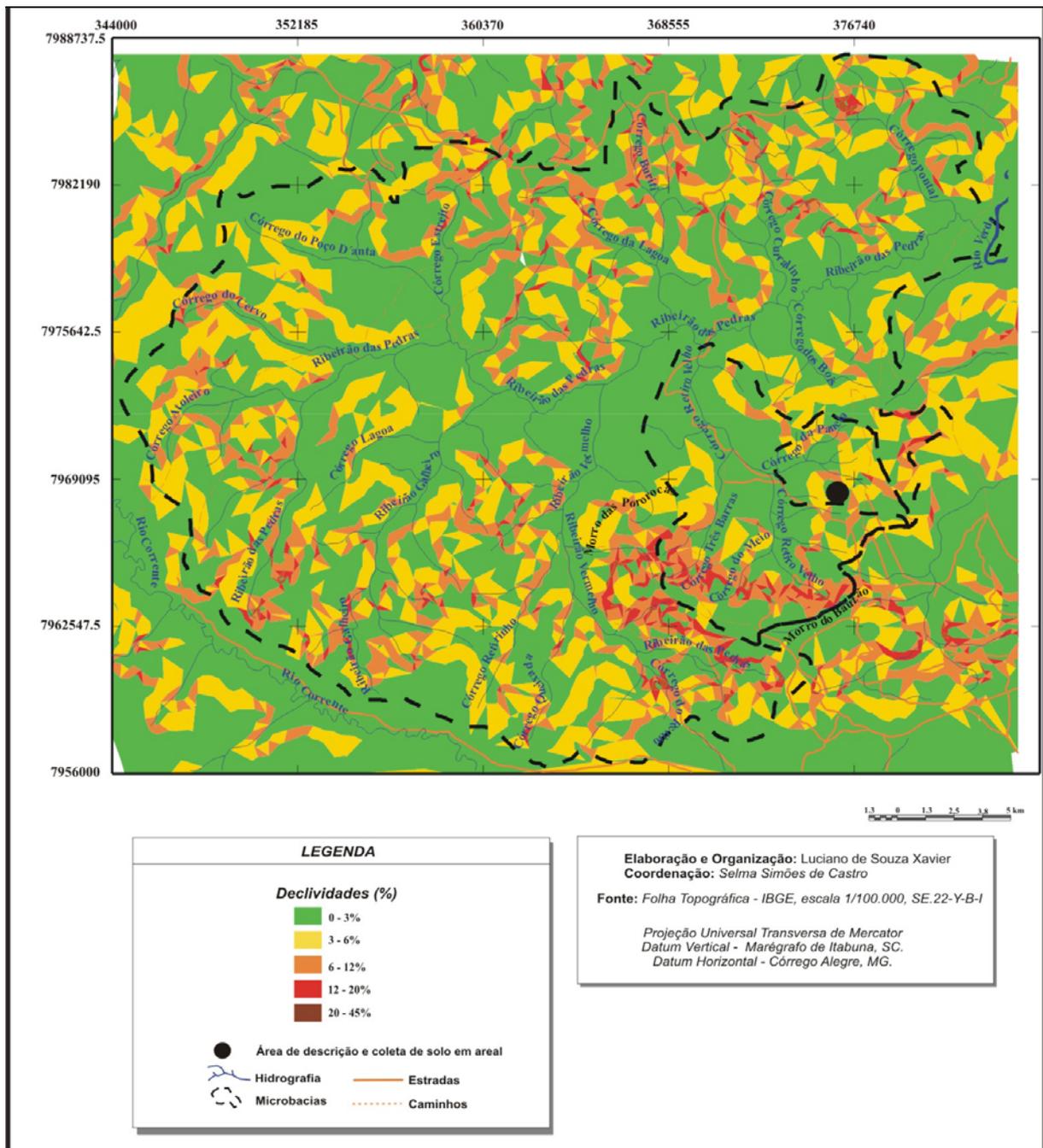


Figura 3. Clinografia na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO.

Tabela 2. Área (ha) por classe de declividade e por bacia hidrográfica na área de estudo.

Bacia	0 a 3%	3 a 6%	6 a 12%	12 a 20%	20 a 45%	≥45%
Córrego Panela	920,17	596,54	194,68	8,11	-	-
%	53,51	34,69	11,32	0,47	-	-
Córrego Retiro	6.042,22	1.830,69	1.228,51	333,51	35,92	-
%	63,80	19,33	12,97	3,52	0,38	-
Rib. das Pedras	46.888,62	19.684,58	10.230,70	1.765,72	291,89	3,45
%	59,45	24,96	12,97	2,24	0,37	0,004

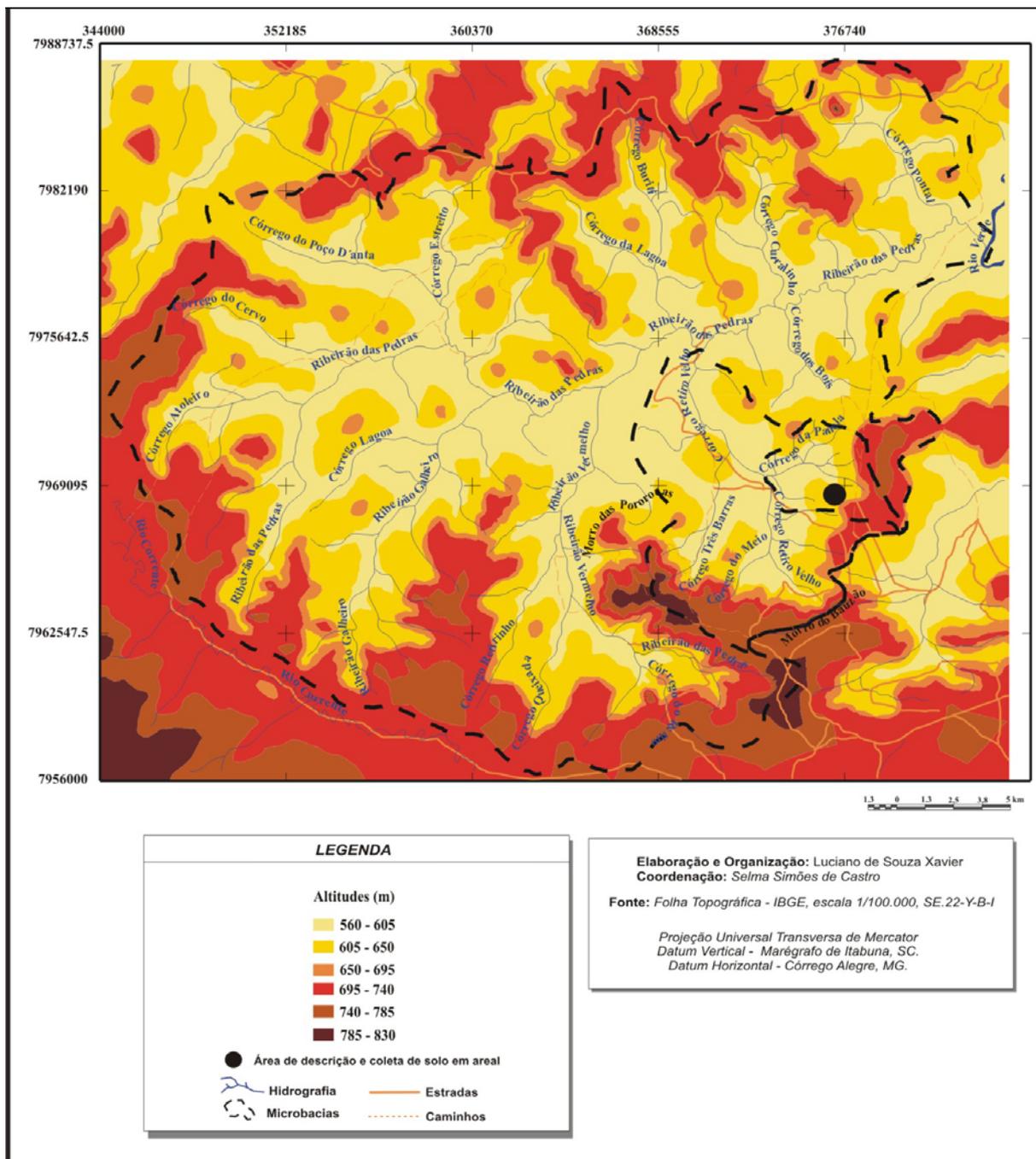


Figura 4. Hipsometria na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO.

Tabela 3. Área (ha) por classe de altitude (m) e por bacia hidrográfica na área de estudo.

Bacia	560 a 605	605 a 650	650 a 695	695 a 740	740 a 785	785 a 830
Córrego						
Panela	608,66	649,92	109,90	331,08	19,93	-
%	35,40	37,80	6,39	19,25	1,16	-
Córrego Retiro	4.342,21	2.720,96	653,73	903,15	695,21	155,59
%	45,85	28,73	6,90	9,54	7,34	1,64
Rib. das Pedras	27.766,23	26.993,21	6.890,35	12.644,28	4.117,87	453,04
%	35,21	34,23	8,74	16,03	5,22	0,57

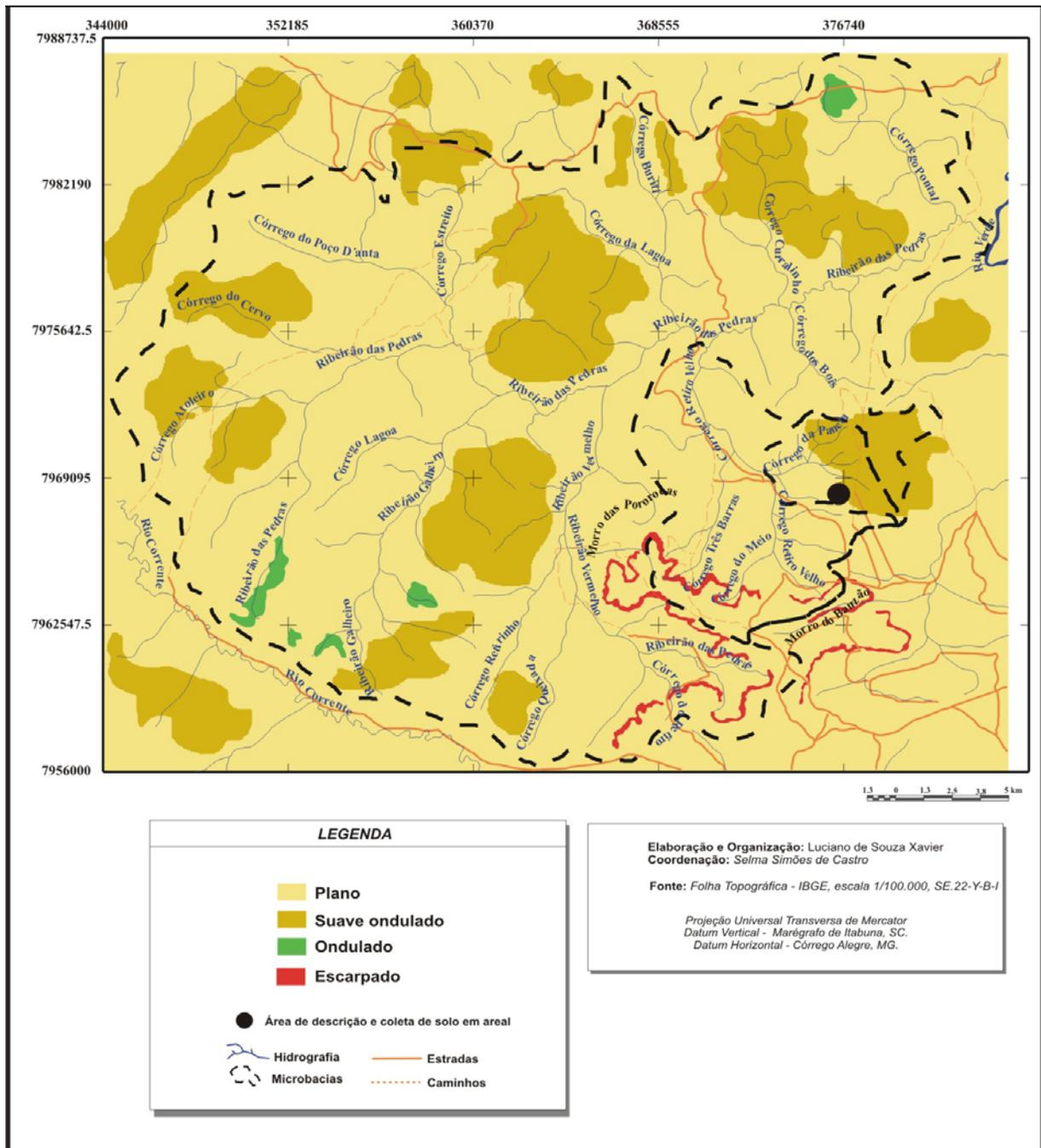


Figura 5. Formas do relevo na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO.

Tabela 4. Área (ha) por classe de Relevo e por bacia hidrográfica na área de estudo.

Bacia	Escarpado	Ondulado	Plano rampeado	Suave ondulado
Córrego Panela	-	-	845,91	873,58
%	-	-	49,20	50,80
Córrego Retiro	233,06	-	8.352,75	885,04
%	2,46	-	88,19	9,34
Rib. das Pedras	723,63	702,73	61.129,13	16.309,47
%	0,92	0,89	77,51	20,68

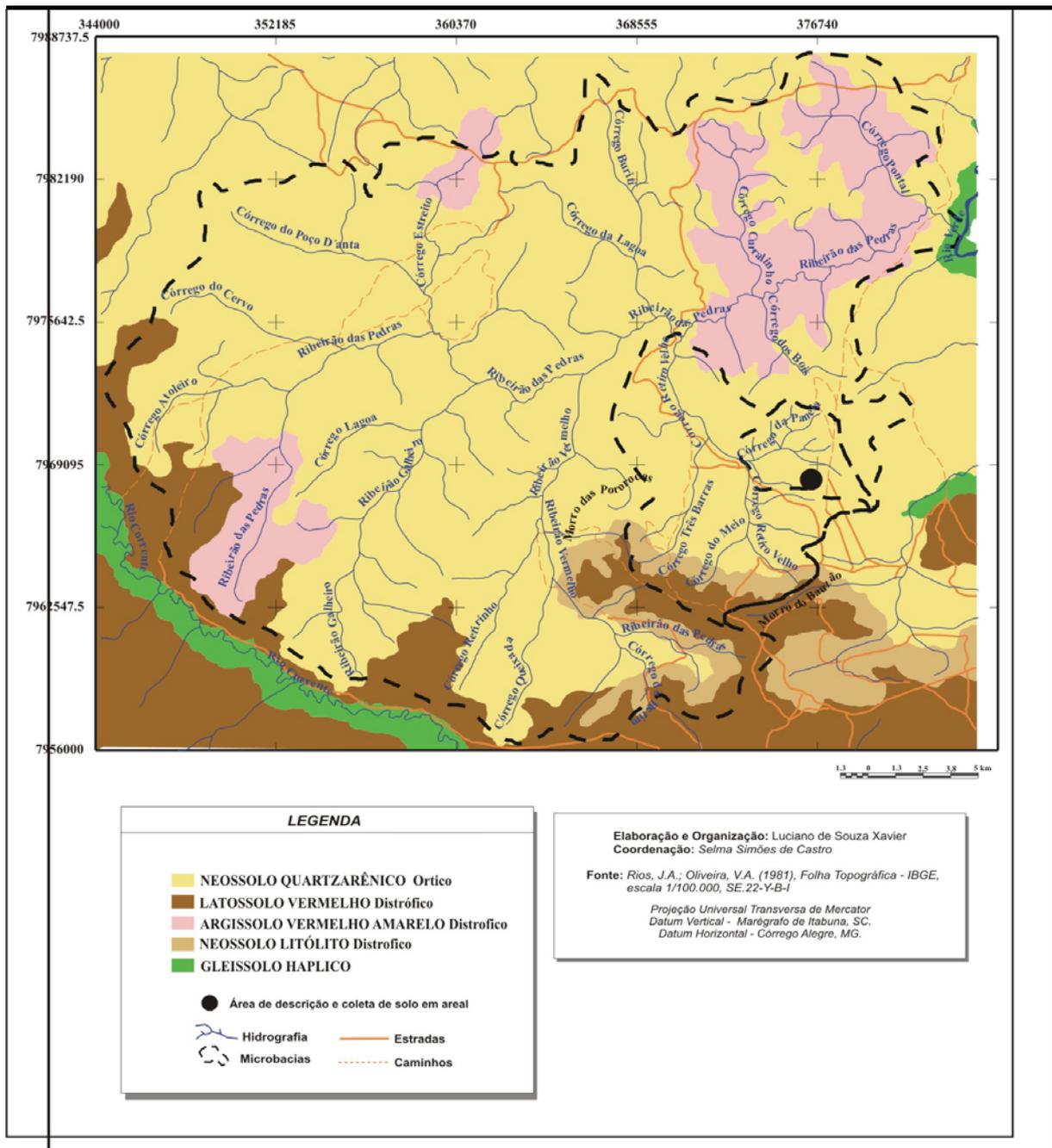


Figura 6. Carta de solos na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO.

Tabela 5. Área (ha) e % de cada classe de solos e por bacia hidrográfica.

Bacia	RQo	LVd	PVAd	RLd	GX
Córrego					
Panela	1.719,49	-	-	-	-
%	100,00	-	-	-	-
Córrego Retiro	7.990,76	589,66	69,30	821,13	-
%	84,37	6,23	0,73	8,67	-
Rib. das					
Pedras	57.838,59	6.393,33	11.817,99	2.730,26	84,81
%	73,34	8,11	14,99	3,46	0,11

Legenda: RQo: NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos; PVAd: ARGILOSSOLO VERMELHO-AMARELO; LVd: LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos; RLd: NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos; GX: GLEISSOLOS HÁPTICOS.

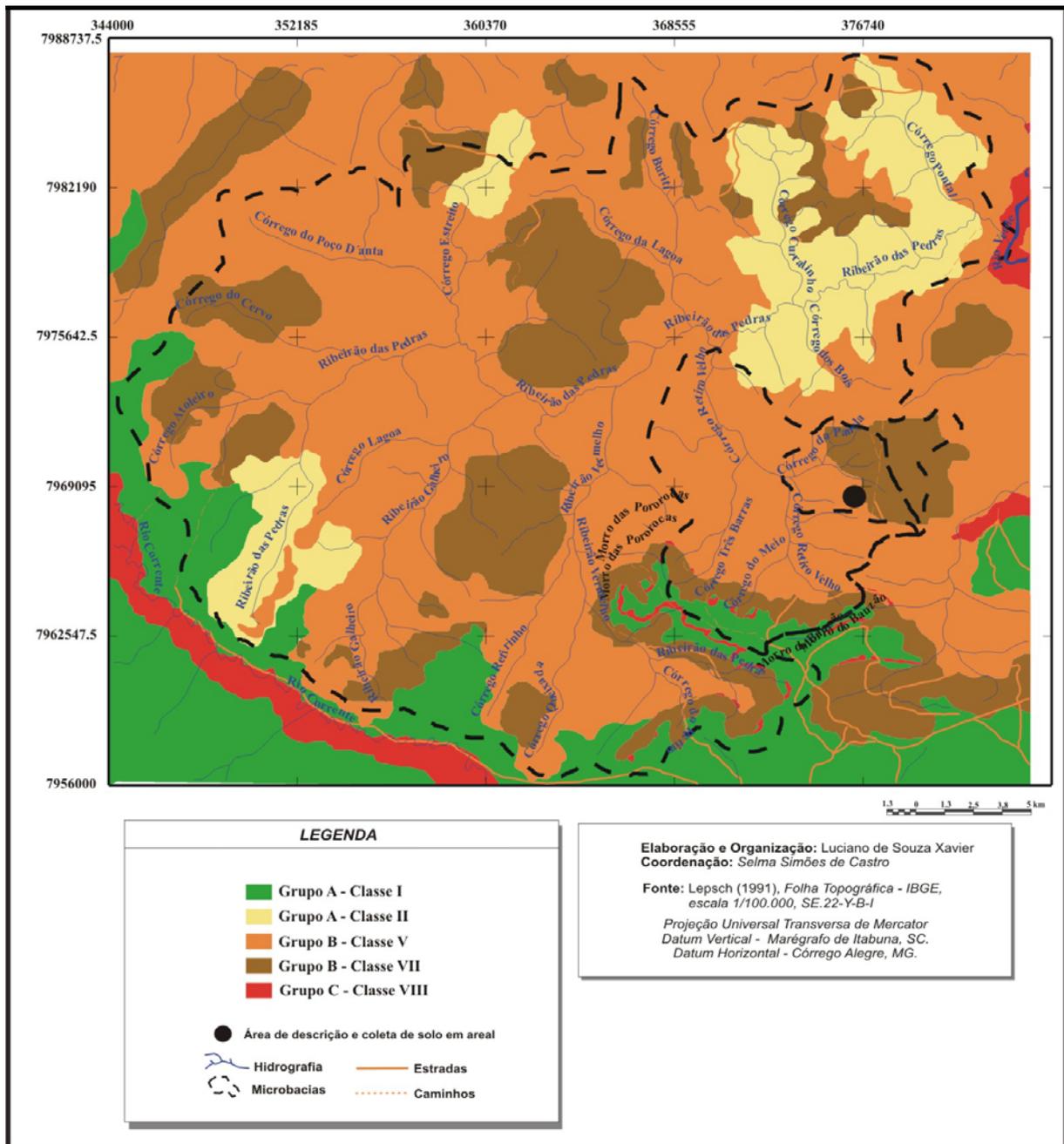


Figura 7. Capacidade de uso do solo na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO

Tabela 6. Área (ha) por classe de capacidade de uso e por bacia hidrográfica.

Bacia	AI	AII	BV	BVII	CVIII
Córrego					
Panela	-	-	846,55	872,95	-
%	-	-	49,23	50,77	-
Córrego Retiro	553,72	69,25	7.101,78	1.705,61	40,49
%	5,85	0,73	74,99	18,01	0,43
Rib. Das					
Pedras	6.130,50	11.466,81	43.959,42	16.941,52	366,73
%	7,77	14,54	55,74	21,48	0,47

Legenda: AI: TERRAS CULTIVÁVEIS sem problemas especiais de conservação. AII: TERRAS CULTIVÁVEIS com problemas simples de conservação. BV: TERRAS CULTIVÁVEIS apenas em casos especiais (reflorestamento e pastagens). BVII: TERRAS CULTIVÁVEIS apenas em casos especiais, com

problemas complexos de conservação. (reflorestamentos e pastagens sujas). CVIII: TERRAS IMPRÓPRIAS PARA CULTURA, destinadas à conservação.

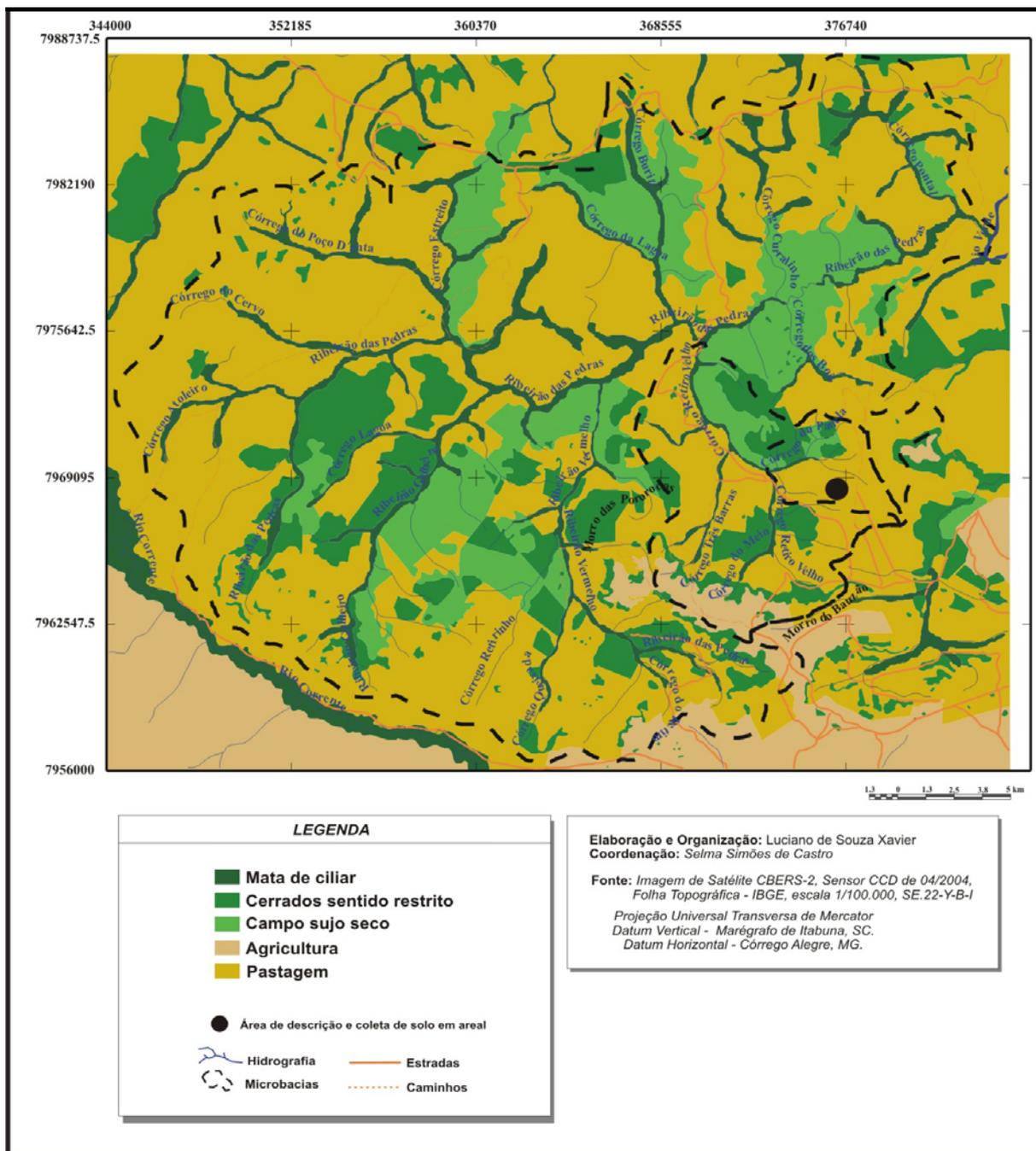


Figura 8. Uso do solo na bacia do ribeirão das Pedras, Serranópolis/GO

Tabela 7. Área (ha) por classe de uso e por bacia hidrográfica na área de estudo.

Bacia	Agricultura	Campo sujo	Cerrado restrito aberto	Mata de galeria	Pastagem
Córrego Panela	-	148,05	293,33	37,01	1.241,10
%	-	8,61	17,06	2,15	72,18
Córrego Retiro	786,52	774,67	2.121,35	472,23	5.316,08
%	8,30	8,18	22,40	4,99	56,13
Rib. das Pedras	1.831,00	12.065,76	11.616,49	6.450,72	46.900,88
%	2,32	15,30	14,73	8,18	59,47



Figura 10. Paisagem no córrego Panela, mostrando em 1º e 2º plano, areais comuns da região.



Figura 11. Detalhe de areal, onde inclusive as gramíneas exóticas agressivas e plantas ruderais perecem.



Figura 12. Detalhe areal mostrando exemplos de desenvolvimento espontâneo de plantas arbóreas, ao final de período chuvoso em 2003, em Serranópolis/GO.



Figura 13. Erosão do tipo voçoroca (33 m de profundidade, 180 de largura máxima e 258 m de comprimento, em novembro de 2005) localizada a jusante de área com concentração de areais, na bacia do córrego Panela. Serranópolis/GO.

Os dados analíticos desse perfil constam da Tabela 9, os quais revelam tratar-se de solo de textura arenosa (89% de areia e 8% de argila). Do percentual de areia, cerca de 62% se compõe de areia fina. Mais além, a pequena concentração de matéria orgânica e de argilas restringem severamente a formação de agregados do RQ, resultando em expressiva erodibilidade. A baixa concentração de matéria orgânica, que tende a diminuir no sentido da profundidade do solo (de 6,0 no Ap a 3,0 g.kg⁻¹ no C1), bem como a argila (de 9,0 no areal a 8,0 % nos horizontes inferiores) limita ainda mais a capacidade dos RQo de reter nutrientes e água.

Quadro 1. Descrição morfológica de perfil de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico representativo de areal.

Data: 05/03/2004

Classificação SBCS: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A antrópico, moderado, pastagem degradada com 13 anos, posterior a cultivo de cana-de-açúcar, sobre antiga fitofisionomia de cerrado sentido restrito ralo, relevo plano a levemente ondulado.

Classificação anterior: Areia Quartzosa álica A moderado.

Local: nascente do córrego Panela, margem direita do rio Verde, Município de Serranópolis/GO. Área de experimento científico de RAD (Recuperação de Área Degradada), tratamento testemunha.

Detalhamento da trincheira

- Situação, declive e cobertura vegetal: Trincheira situada no terço superior da encosta, com declividade de 3%, sob cobertura vegetal de pastagem de capim braquiarião (*Brachiaria ruziziensis*), degradada com grande presença de plantas ruderais (gramíneas, leguminosas) e regeneração natural sobre antiga fitofisionomia de cerrado sentido restrito ralo que dominava o ambiente.
- Litologia: Arenito.
- Formação geológica: Formação Botucatu, Grupo São Bento.
- Pedregosidade: Não pedregoso.
- Rochosidade: Não rochoso.
- Relevo local: Suave-ondulado, em situação de concavidade.
- Relevo regional: Plano a suave-ondulado.
- Erosão local: Laminar e eólica.
- Erosão na microbacia: Laminar, sulcos, eólica e voçorocamentos.
- Drenagem: Fortemente drenado, com marcas de ondas localizadas.
- Vegetação primária: Cerrado sentido restrito ralo.
- Uso atual: 100% da área com pastagem.
- Clima: Aw.

Descrito e coletado por Castro, S. S. e Antunes, E.C.

Detalhamento do perfil

Descrição morfológica:

Areal (0 a 2/5 cm) 7,5YR 6/3, areia franca, lavada recobrando a superfície, solta, com aspecto de depósito coluvial (estratificação), transição ondulada abrupta.

Ap (2/5 a 18/28 cm) 7,5YR 3/2 com manchas 4/4 e 7,5YR 4/4 (areia lavada), Franco arenosa, granular fina a média, maciça, porosa muito friável, ligeiramente úmida, não plástica, não pegajosa, transição plana e gradual. Presença de resíduos de raízes e galhos húmificados com até 3,00 cm de diâmetro. Porosidade intergrãos dominante; raízes fasciculadas, finas e poucas; transição plana clara.

AC (25/28 a 70/85 cm) 7,5 YR 3/2, com 50% menos manchas que o anterior, mais difusas, milimétricas, descoloridas e pouco contrastadas, com algumas vermelhas mais contrastadas, em 2,5YR 4/8; o volume de matéria orgânica e as demais características são similares ao horizonte anterior, estando, porém, mais úmida. Transição clara plana.

C1 (70/85 a 145/170 cm) 5YR 4/4, sem manchas, homogêneo, úmido, arenoso fino, maciço, poroso, muito friável e sem raízes.

Tabela 9. Granulometria e fertilidade de perfil de RQo

Item analisado	Unidade	Areal	Ap	AC	C1
		0-5 cm	10-20 cm	56-66 cm	138-148 cm
Areia grossa	%	23,00	27,00	27,00	29,00
Areia fina	%	64,00	62,00	62,00	60,00
Silte	%	4,00	3,00	3,00	3,00
Argila (NaOH)	%	9,00	8,00	8,00	8,00
Silte/Argila		0,44	2,50	0,38	0,38
C	g.kg ⁻¹	1,60	3,50	2,90	1,70
N	%	0,03	0,02	0,02	0,01
Relação C/N		15,33	17,50	14,50	17,00
M.O.	g.kg ⁻¹	8,00	6,00	5,00	3,00
pH (H ₂ O)		5,20	4,30	4,80	4,80
pH (KCl)		3,80	3,50	3,80	3,90
Ca	mmol _c .dm ⁻³	4,00	3,00	2,00	2,00
Mg	mmol _c .dm ⁻³	2,00	2,00	2,00	1,00
K	mmol _c .dm ⁻³	0,30	0,30	0,20	0,20
Soma Bases	mmol _c .dm ⁻³	6,00	5,00	4,00	3,00
Al	mmol _c .dm ⁻³	4,00	6,00	5,00	5,00
H	mmol _c .dm ⁻³	26,00	20,00	19,00	11,00
CTC	mmol _c .dm ⁻³	36,0	31,0	28,0	19,0
Satuação de Bases	%	17,00	16,00	14,00	16,00
Saturação AL	%	40,00	55,00	56,00	63,00
P	mg.kg ⁻¹	8,50	6,00	3,00	1,20
Atividade Argila	cmol _c .dm ⁻³	17,00	19,00	19,00	14,00

Trata-se assim de um solo pobre em nutrientes, ácido (pH médio de 3,8), com reduzida presença de P (A: 6,0, AC:3,0 e C1: 1,2 mg.kg⁻¹) que, por ser elemento mais estável, estabelece a baixa disponibilidade de N, K, Ca e Mg, como citam Freitas *et al.* (2003), Costa *et al.* (2002) e vários outros autores, analisando solos similares. A CTC muito baixa também limita a retenção de nutrientes, o que confirma a condição distrófica por ter V% inferior a 50%. Há saturação por Al e a argila é de atividade baixa (Tabela 9). O comportamento físico-hídrico desse solo (Tabela 10), confirma a elevada permeabilidade desses solos, além da densidade de partículas próxima à do quartzo e a densidade do solo baixa devido à elevada macroporosidade (80%).

Tabela 10. Comportamento físico-hídrico de perfil representativo de RQo.

Horizonte	Peso seco (g)	Densidade (g.cm ⁻³)		Porosidade (%)		
		Real/partículas	do solo	Micro (MiP)	Total (PT)	Macro (Map)
Areal	104,192	2,703	0,380	5,058	85,957	80,899
Ap	100,846	2,703	0,384	4,714	85,801	81,088
AC	102,361	2,703	0,377	5,175	86,065	80,890
C1	102,430	2,703	0,399	6,348	85,223	78,875

Na associação de dados de textura, propriedades químicas e comportamento físico-hídrico, estes solos reforçam o que explica Correia *et al.* (2002) para o RQo: a pequena adsorção de P reflete a rápida iluviação de N e decomposição de matéria orgânica, favorecidas pela grande macroporosidade e pela elevada permeabilidade, que potencializam a percolação.

Trata-se, portanto, de solo bem drenado, fortemente lixiviado, de baixa fertilidade e baixa coesão, o que o caracteriza como susceptível a processos erosivos hídricos quando mal manejado e, em particular, à arenização.

As Figuras 14 e 15 mostram detalhes da parte superficial do horizonte A do RQo descrito, onde se percebe a estratificação resultante de deposições superficiais de areias mobilizadas. A transição ondulada entre areal e o Ap do solo sugerem preenchimento de sulcos pela areia lavada. Monitoramento da perda de solo realizados revelaram que as perdas concentram-se na estação chuvosa, quando os totais pluviométricos diários são superiores a 50mm, particularmente acima de 70m, e em parcelas cujos tratamentos não foram eficientes como cobertura protetora (ANTUNES & CASTRO, 2006).

A arenização, processo de erosão hídrica que leva à concentração de areias em geral lavada na superfície dos terrenos (SUERTEGARAY *et al.*, 2001) pode se instalar. Os trilheiros de gado, linhas de cerca, estradas e caminhos mal posicionados podem rapidamente provocar a concentração de fluxos hídricos relacionados aos episódios pluviométricos intensivos (ASSAD *et al.*, 1994), causando erosão em sulcos e ravinas, as quais, ao se aprofundarem podem interceptar o lençol freático e evoluir como voçorocas (IPT/DAEE, 1989; SALOMÃO, 1999), fatos estes comuns também em Serranópolis.

Estudos de RQ similares, também em situação de arenização e erosão hídrica severa na Alta Bacia do rio Araguaia, acompanhados de monitoramentos de chuvas e de lençol freático em Mineiros/GO (CASTRO *et al.*, 2004; CASTRO, 2006; MARINHO & CASTRO, 2003) revelaram que domina a infiltração das águas pluviais nos terços superior e médio das vertentes, onde praticamente não ocorrem areais nem tampouco feições erosivas de grande porte, exceto quando se trata de setores concavizados, em especial nas áreas de contribuição de nascentes ou de feições erosivas lineares de grande porte (voçorocas). Por outro lado, os autores assinalaram que no terço inferior dominam fluxos laterais subsuperficiais relativamente rasos associados a lineamentos estruturais e/ou descontinuidades litológicas que favorecem o desenvolvimento do fenômeno de *piping*, gerando subsidência e abatimentos no terreno, onde se acumulam também fluxos superficiais que se somam aos anteriores, favorecendo o desenvolvimento de voçorocas. De fato, a jusante da área aqui focada desenvolve-se voçoroca de grande porte, mostrada na figura 13, em cuja borda já rebaixada e concavizada constatou-se a presença de depressão de abatimento relacionada a esse fenômeno, como mostram as Figuras 16 e 17.

Tal quadro aliado à observação de perfis de RQo na área aqui focada sugerem que os areais testemunham a degradação do solo por arenização, já apresentando feições erosivas lineares, ambos relacionados ao uso e manejo inadequado desses solos, os quais são susceptíveis a esses processos em virtude de suas características pedológicas.

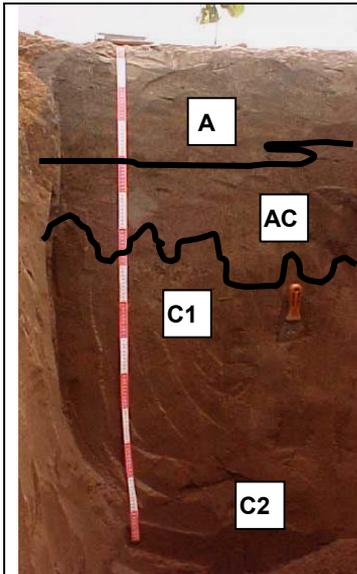


Figura 14. Perfil de RQo em parcela testemunha de solo com areal.

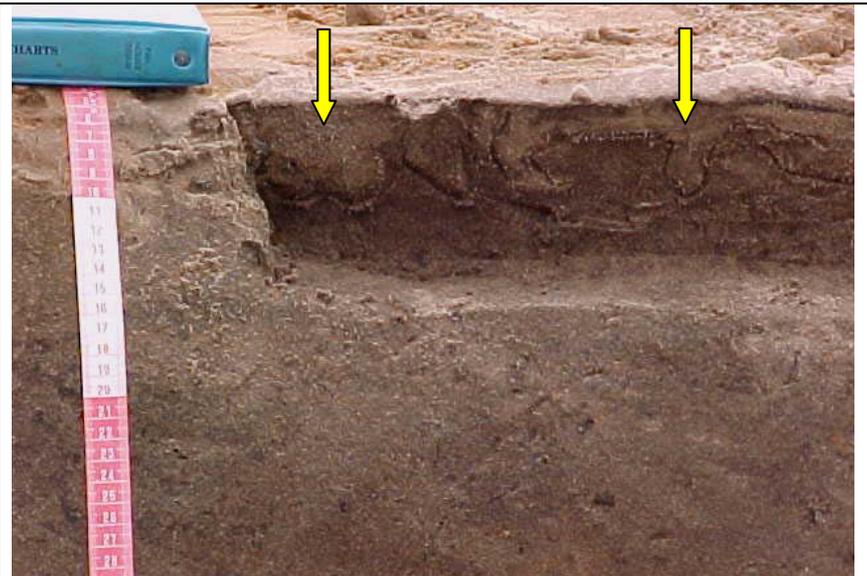


Figura 15. Detalhe de horizontes superficiais de solo. Nota-se areal como colúvio arenoso, lavado e esbranquiçado sobre o horizonte Ap. Notar a transição ondulada abrupta entre o areal e o Ap (flechas).



Figura 16. Início do fenômeno de *piping* próximo a voçoroca existente no vale do córrego Panela, em Serranópolis/GO.



Figura 17. Detalhe de *piping* ativo, mostrando ao fundo, voçoroca que brevemente irá ligar-se a este abatimento.

5. CONCLUSÕES

A caracterização das relações entre solo, relevo, rochas e uso da bacia do Ribeirão das Pedras em Serranópolis/GO revela predomínio de Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo) desenvolvidos sobre arenito da Formação Botucatu da Bacia Sedimentar do Paraná, situados em encostas suaves, em geral nos terços médios ligeiramente concavizados, com declives de 0 a 6%, cobertos por areais, os quais constituem-se em manchas extensas, descontinuamente cobertas por gramíneas, correspondendo a pastagem degradada.

O areal estudado através de perfil de solo descrito, coletado e analisado em laboratório, confirma a presença de depósito de areias lavadas de espessura de 5 cm cobrindo o horizonte Ap do perfil de RQo, aqui interpretado como depósito coluvial devido a evidências

de preenchimento de sulcos erosivos e estratificação, e praticamente desprovido de matéria orgânica. Também aponta que se trata, localmente ao perfil, de um NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico com alto teor de alumínio.

Os areais relacionam-se a área em conflito (discrepância) moderado a alto entre capacidade de uso e uso atual dos solos. Ao que tudo indica, tanto o uso como o manejo seriam os indutores da formação dos areais em Serranópolis/GO, devido à sua formação recente em relação à paisagem.

1.1.7 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, C.A.; CASTRO, S.S. **NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS no domínio morfoclimático do cerrado e no sudoeste goiano: características gerais e degradação atual.** 2006. (inédito).

ANTUNES, E.C. **Sobrevivência e incremento diamétrico de 22 espécies arbóreas na recuperação de uma área degradada de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos no Sudoeste Goiano.** 2006. (inédito).

ASSAD, E.D.; SANO, E.E.; MASUTOMO, R.; RODRIGUEZ de CASTRO, L.H.; SILVA, F.A.M. da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. *In:* ASSAD, E.D., (Coord.) **Chuvos nos cerrados: análise e espacialização.** Planaltina/DF: EMBRAPA/CPAC, 1994.

BIZZI *et al.*, **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Sistema de informações Geográficas – SIG e Mapas na Escala 1:2.500.00.** Brasília/DF: CPRM, 2001.

CASTRO, S.S. Erosão hídrica na alta Bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes e dinâmica atual. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH/USP. São Paulo, 2006 (*no prelo*).

CASTRO, S.S.; BARBALHO, M.G.; MARINHO, G.V.; CAMPOS, A.B.; SALOMÃO, F.X.T.; VECHIATTO, A.B. *Condicionantes geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso e manejo dos solos na circulação hídrica e processos de voçorocamento na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT).* *In:* REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, XIV, Cuiabá, 2004. **Anais - Os (des)caminhos do uso da água na agricultura brasileira. Cuiabá/MT: 2004. p 391-424.**

CORREIA, J. R. *et al.* Solos e suas Relações com o Uso e o Manejo. *In:* SOUZA, M. G. e LOBATO, E. (Org.) **Cerrado: Correção do Solo e Adubação.** Planaltina/DF: EMBRAPA Cerrados, 2002. p. 29-79.

COSTA, L. M. *et al.* Manejo dos solos da região dos cerrados. *In:* ARAUJO, Q. R. de (Org.). **500 Anos de Uso do Solo no Brasil.** Ilhéus: Editus, 2002. 605 p.

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO. **Métodos de Análise do Laboratório de Análises Físico-hídricas do Solo.** Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1987 (*Documento interno*). 7 p.

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FREITAS, V.V.; SCOPEL, A.; PEIXINHO, D.M.; MARIANO, Z. de F.; SOUZA, M.S. O processo de arenização no sudoeste goiano. *In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA APLICADA*, X, 2003, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro. UERJ, 2003. p. 139.

GOMES, H.; TEIXEIRA NETO, A.; BARBOSA, A. S. **Geografia: Goiás-Tocantins**. Goiânia: UCG. 2ª. Ed. rev. e ampliada. 2004. 220p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas de Solos do Brasil**. Escala 1:5.000.000, Rio de Janeiro/Goiânia, 2001.

IPT/DAEE. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas**. São Paulo: Secr. de En. e San.- Departamento de Águas e Energia Elétrica. 1989. 92 p.

LEMOS, R. C., SANTOS, R. D. dos. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 2ª ed. Campinas: SBCS/SNLCS, 1984. 45 p.

LEPSCH, I. F. *et al.* **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1983.

MACEDO, J. Os solos da região dos cerrados. *In: ÁLVARES V. et al. (Org.) O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa/MG: SBCS; UFV, DPS, 1996, p 135-155.

MARINHO, G.V.; CASTRO, S.S. Estudo de piezometria com ênfase aos processos de voçorocamento na alta bacia do rio Araguaia/GO. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO*, XXIX, 2003, Ribeirão Preto. **Anais**. Ribeirão Preto: SBCS, 2003. CD-ROM.

NOVAES, A.S.S., AMARAL FILHO, Z.P., VIEIRA, O.C., FRAGA, A.G.C., Pedologia: Levantamento exploratório de solos. *In: Projeto RADAMBRASIL*, Folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31). p 413-576.

PRADO, H. **Manejo dos Solos: descrições pedológicas e suas implicações**. São Paulo: Nobel, 1991.

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese morfologia, classificação, levantamento, manejo**. 3 ed. Piracicaba: H. do Prado, 2003.

REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S.T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. *In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. (Org.) Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina/DF: EMBRAPA/CPAC, 1998. p. 47-86.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Min. da Educação. Lavras, ESAL. Piracicaba, POTAFOS. 1988. 83p.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos processos erosivos. *In: GUERRA, A.J.T. et al. (Orgs.) Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SCHMITZ, P.I. **Padrões de estabelecimento em Serranópolis: 11.000 anos de ocupação do Planalto Central Brasileiro**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás Instituto do Trópico Subúmido. Contribuições 8. 2002. 28p.

SEPLAN-GO – SEPIN/Gerência de Estatística Socioeconômica. **Anuário Estatístico de Goiás**. Goiânia: SEPLAN/GO, 2005.

SUERTEGARAY, D. M. A. *et al.* **Atlas da arenização – Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001.

SUERTEGARAY, D.M.A. Os desertos também podem ser verdes: controvérsias e proposições sobre areais do Sudoeste do RS. *In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE*, 3, 1991, Londrina. **Anais**. Londrina, 1991, vol. 1: 421-432.

SUERTEGARAY, D.M.A.; MARTIN, G.M. Análise comparativa da gênese dos areais de Quaraí, com os de outras áreas do SW do Estado do RS. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA*, 4, 1991, Porto Alegre. **Anais**. vol. 1: 551-557.

SUERTEGARAY, D.M.A.; MOURA, N. S. V.; NUNES, J.O.R. São Francisco de Assis e Alegrete: uma análise geomorfológica de ocorrência de areais. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA*, 3, 1989, Porto Alegre. **Anais**. vol. 1: 384-397.

VEIGA, P.; SUERTEGARAY, D.M.A.; MEDEIROS, E. R. Gênese dos campos de areia no município de Quaraí, RS. *In: CONGRESSO DA ABEQUA*, 1, 1987, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre/RS: ABEQUA, 1987. p. 367-377.

PARTE II

**O MONITORAMENTO E A EXPERIMENTAÇÃO VISANDO A
RECUPERAÇÃO EM NEOSSOLOS E EM AREAIS.**

Capítulo 3/Artigo 3
EROSIVIDADE E PERDAS DE SOLO E ÁGUA EM NEOSSOLOS
QUARTZARÊNICOS ÔRTICOS DEGRADADOS DO SUDOESTE GOIANO
SOB DIFERENTES TRATAMENTOS DE RECUPERAÇÃO

Antunes, E. C.¹⁵ Castro S. S.¹⁶

RESUMO

Foi obtida uma estimativa da erosividade, perdas de solo e água e potencial de arraste de sedimentos, mensurados em calhas sob chuva natural, na bacia hidrográfica do córrego Panela, Sudoeste Goiano, dominada por NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico degradado, bem como variações nos parâmetros em seis tratamentos de recuperação do solo, em experimento conduzido de Outubro/2003 a Agosto/2005. A erosividade anual foi de 8220,83 MJ.mm.ha⁻¹h⁻¹ano⁻¹, dos quais 81,98% se concentram de novembro a março. A perda média anual de solo testemunha foi de 4,2315 Mg.ha⁻¹ e a perda de água foi de 1,2829%, com pelo menos 79% de ambas ocorrendo de janeiro a abril. As perdas de água foram menos afetadas pela cobertura verde que as de solo. As menores perdas ocorreram com os tratamentos *S. guianensis*, *C. mucunoides* e *C. cajan*, nesta ordem. As perdas de solo e água e as diferenças de perdas de solo entre o 1º e o 2º períodos chuvosos foram maiores nos tratamentos com bagaço de cana-de-açúcar, NPK + Ca, calcário e testemunha. O potencial de arraste de sedimentos acompanhou esta tendência. A biomassa formada pelas espécies arbóreas no período e espaçamento experimental não foi suficiente para uma adequada retenção de solo e água.

PALAVRAS-CHAVE: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico, recuperação de áreas degradadas, erosividade, perda de solo, perda de água, adubação verde.

ABSTRACT

We estimated erosivity, soil and water losses and particle carrying potential, measured in collecting gutters under natural rain, in Corrego Panela river basin, Goiás State, dominated by degraded Quartzipsamment Entisol, and parameter variations under six soil recovery treatments in an experiment set from October/2003 to August/2005. Annual erosivity was 8,220.83 MJ.mm.ha⁻¹h⁻¹ano⁻¹, 81.98% of which concentrated from November to March. Annual medium soil and water loss in the control were 4.2315 Mg.ha⁻¹ and 1.2829%. 79% of which occurred from January to April. Water losses were less affected by vegetation cover than soil losses. Lower losses occurred in the treatments *C. cajan*, *C. mucunoides* and *S. guianensis*, in this order. Soil and water losses and soil loss differences between 1º and 2º rainy seasons were greater in treatments with sugar cane bagasse, NPK + Ca, calcar and control. particle carrying potential followed the same trend. Biomass provided by tree species in the period and spacing tested was not sufficient to an adequate soil and water retention.

KEYWORDS: Quartzipsamment Entisol, degraded areas recovery, erosivity, soil loss, water loss, green fertilizers.

¹⁵ *Doutorando do Programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, CIAMB/UFG.*

¹⁶ *Docente do Programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, CIAMB/UFG.*

1. INTRODUÇÃO

As propriedades que influem sobre as perdas de solo por erosão hídrica e suas relações foram estudadas a partir da década de 1930 e tiveram como marco importante a proposta da Equação Universal de Perda de Solo, EUPS (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A EUPS permite estimar a perda de solo com uso de cinco variáveis: erosividade, erodibilidade, comprimento de rampa, grau de declividade e fatores afeitos ao manejo do solo e à aplicação de práticas conservacionistas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). Os fatores se combinam pela equação:

$$A (\text{Mg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}) = R K L S C P$$

Onde:

- R é o fator correspondente à erosividade anual pela chuva num dado solo descoberto e sem práticas conservacionistas ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$). É diretamente proporcional ao produto entre energia cinética total da chuva e sua intensidade máxima em 30 minutos.
- K é o fator erodibilidade do solo, expresso em $\text{Mg.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ pela intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva para um solo sem cobertura e com preparo normal em declive de 9% e rampa de 25 m. É possível também estimar o fator K em razão de perdas de solo e do fator erosividade, em condições de chuva simulada.
- L é a relação de perda entre um comprimento de rampa qualquer e um comprimento de rampa de 25 m e S é a relação de perda entre um grau de declive qualquer e um grau de declive de 9%.
- C é o fator uso e manejo, que expressa a relação de perda de solo sob cultivo em determinadas condições e a descoberto. P é a relação de um solo sob práticas conservacionistas e sem as mesmas.

A aplicação da EUPS no Brasil é comumente dificultada pela limitação de séries históricas de dados disponíveis de chuvas e pela necessidade de bases de dados experimentais, como por exemplo dados coletados em parcelas-padrão. Além disso, a determinação original do fator R requer registros pluviográficos para cálculo de intensidade de chuvas, que nem sempre existem, e o fator K deve ser determinado experimentalmente.

Desta forma, esforços de pesquisa têm sido feitos para a geração destas bases de dados e para adaptar estimativas dos fatores da equação. O índice de Fournier, por exemplo, pode estimar R mensal a partir de dados pluviométricos, por vezes associados à equações lineares. Embora a série histórica ideal para a aplicação do índice seja de no mínimo 20 anos, séries históricas menores também têm sido utilizadas (SILVA, 2004).

Ao espacializar dados mensurados do fator R na bacia hidrográfica do rio Paraná, Castro Filho *et al.* (2000) geraram dez linhas isoerodentes com valores entre 5.000 e 14.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, evidenciando elevada erosividade na bacia. Para a área correspondente ao Sudoeste Goiano, Morais *et al.* (1991) propuseram a equação a seguir, onde Mx é a média mensal de precipitação anual e P é o valor anual de precipitação.

$$R_x = 36,849 (M_x^2/P)^{1,0852}$$

As propriedades físico-químicas do solo que determinam o fator K são aqueles que afetam os parâmetros do solo. A textura do solo é determinada pela distribuição do tamanho das partículas e a estrutura reflete a estabilidade dos agregados conferida pelas argilas e pela matéria orgânica. Óxidos de ferro e alumínio, matéria orgânica, permeabilidade e o teor de fração areia de 0,2 a 0,5 mm são as variáveis mais influentes sobre o K do solo (CORRECHEL, 2003).

Neste sentido, Silva *et al.* (1997) testaram 23 modelos indiretos de estimativa da erodibilidade (fator K), baseados principalmente na combinação de parâmetros textura, estrutura, permeabilidade e teores de óxidos e matéria orgânica. Estes modelos nem sempre têm ampla aplicabilidade. Utilizando dados de erodibilidade obtidos a partir de simuladores de chuva para comparar com aqueles obtidos pela EUPS em modelo adaptado para o fator K em solos do Oeste Paulista, Freire *et al.* (1998) chegaram a discrepâncias de 0,002 Mg.h.MJ⁻¹.mm⁻¹ em LATOSSOLOS a 0,028 Mg.h.MJ⁻¹.mm⁻¹ para então Solos Litólicos, entre as duas formas de mensuração.

A erodibilidade também pode ser estimada indiretamente pelo nomograma de Wischmeier *et al.* (1971), com base no qual Scopel & Silva, 200_) propuseram um fator K médio de 0,034 Mg.h.MJ⁻¹.mm⁻¹ para áreas, dentre outras, com os solos então denominados Areias Quartzosas Distróficas em relevo suave ondulado. Trata-se de solos com argilas de baixa atividade, textura média a arenosa e susceptibilidade à erosão elevada, presentes sobretudo em áreas de substratos sedimentares areníticos, arenosos ou quartzíticos do país, e também no Sudoeste Goiano. Os autores também os consideraram de alta erodibilidade, por sua baixa estrutura e por seus baixos teores de matéria orgânica, ainda que com alta permeabilidade. Os valores foram obtidos para a escala 1:5.000.000 e são uma referência útil enquanto não se dispuser de detalhamentos em maior escala.

Baptista & Eid (2000) apontaram, por métodos indiretos, uma erodibilidade de 0,027 Mg.h.MJ⁻¹.mm⁻¹ para RQ no Distrito Federal. Em relação aos demais solos presentes no Setor Sul da Alta Bacia do rio Araguaia, Oliveira (2004) classificou os RQ como de média erodibilidade e moderadamente susceptíveis à erosão, em declividades de até 6%. Tal declividade é semelhante à dos RQo que predominam na bacia do córrego Panela, área do presente estudo.

Antunes & Castro (2006) elaboraram um mapeamento de graus de erodibilidade das bacias dos córregos Retiro Velho e Panela, bem como do ribeirão das Pedras de forma geral (Tabela 1 e Figura 1), com base no cruzamento de cartas temáticas. Os autores constataram que a maior parte da área de todas as bacias se encontra em graus de erodibilidade forte, com percentuais que variam entre 72,57% (ribeirão das Pedras) e 100% (córrego Panela). O ponto negro na Figura 1 representa a localização do campo experimental, sobre área classificada como de erodibilidade forte.

Tabela 1. Área (ha) por classe de erodibilidade de solos nas bacias do ribeirão das Pedras e córregos Panela e Retiro Velho.

Bacia	Fracca		Fracca a moderada		Moderada		Forte		Muito Forte	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Panela	-	-	-	-	-	-	1.719,49	100,00	-	-
Retiro	553,23	5,84	193,91	2,05	22,12	0,23	7.809,29	82,46	892,05	9,42
Pedras	13.070,44	16,57	3.377,19	4,28	2.295,91	2,91	57.228,03	72,57	2.889,63	3,66

Dadas suas complexas interações, os fatores adimensionais L e S podem ser aplicados conjuntamente como LS, expresso por BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) pela equação a seguir, onde C o comprimento de rampa (m) e D o grau de declive (%):

$$LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18}$$

Os fatores adimensionais C e P são reflexo das interferências antrópicas sobre as tendências naturais do solo, do clima e do relevo – e portanto são fatores passíveis de serem adequados para a manutenção das perdas de solo e de água dentro dos limites de tolerância. C é determinado pelas datas prováveis de plantio e colheita, o preparo de solo e o manejo de restos culturais (ITO *et al.*, 1998) e suas relações com o índice de erosão (EI), associado à erosividade.

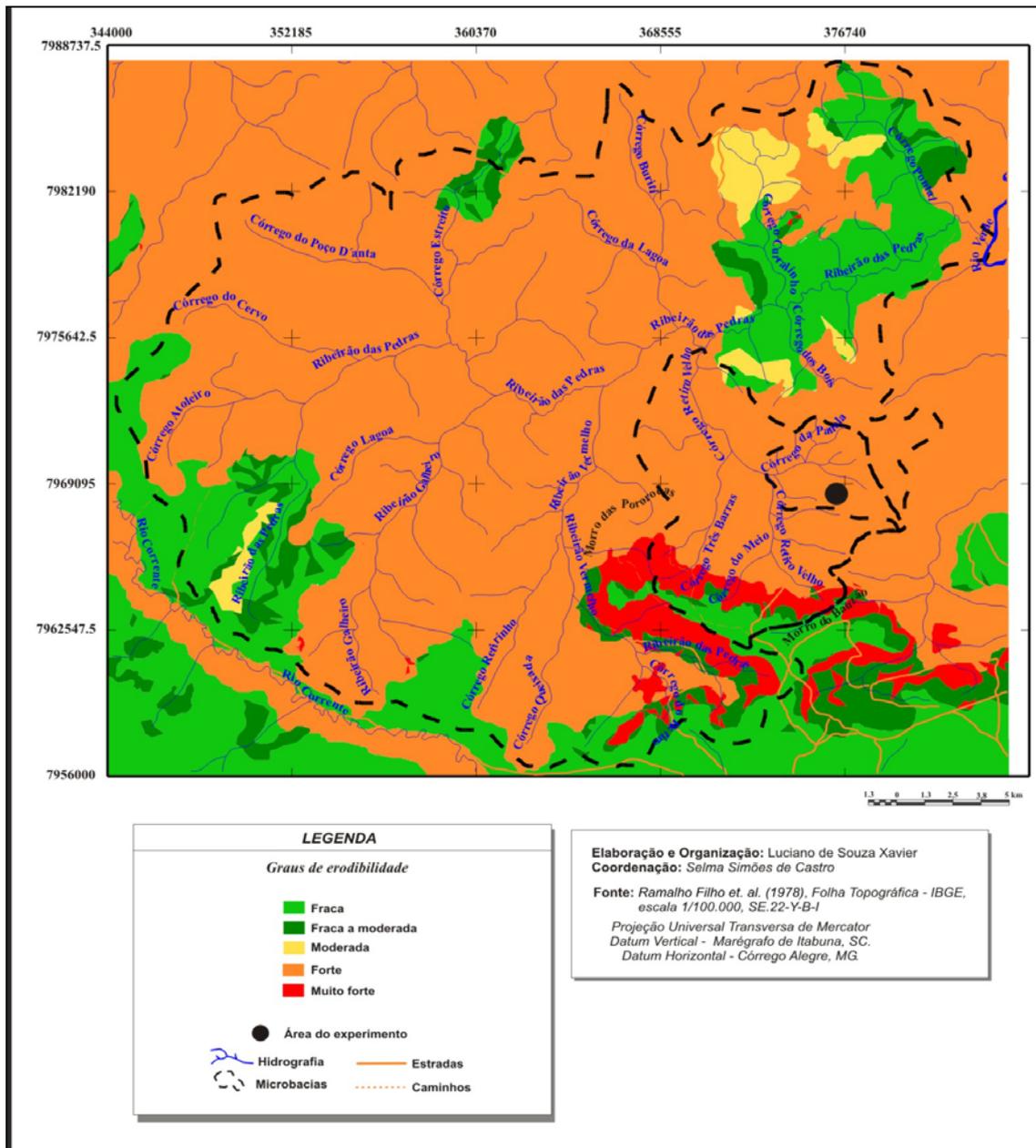


Figura 1. Mapa de localização e grau de erodibilidade de solos nas bacias do ribeirão das Pedras e córregos Panela e Retiro Velho.

Para um reflorestamento de eucalipto iniciado em fevereiro e com ciclo de sete anos, Ito *et al.* (1998) estimaram valores anuais de C entre 0,0518 e 0,145 e valores totais de 0,3625 a 1,0176 para todo o ciclo. Pimenta (1998) estimou diversos valores de fator C conforme o uso de manejo da terra para Portugal. Sugeriu os valores de 0,02 para vegetação arbustiva baixa e vegetação esclerofítica e, concordando com ITO *et al.* (1998), valores de 0,05 para povoamento florestal misto e arvoredo frutífero misto, além de pastagens pobres e areais.

Lombardi Neto (1977) propôs uma estimativa do fator P para plantio em nível, de acordo com a declividade do terreno, segundo a qual em 0 a 3% o fator P é 0,55 e em 3 a 6% P é de 0,50. O valor cresce sucessivamente até declividades maiores que 25%, nas quais P chega a 1,00.

Os fatores da EUPS podem ser indicadores de apoio ao planejamento e gestão do uso das terras em regiões sensíveis a um ou mais de seus fatores. Este é o caso das regiões com NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (RQo) do Sudoeste Goiano, alvo do presente estudo. Trata-se de uma região com 586.114 km² de áreas com esta classe de solos, dos quais 77,19 km² degradados por erosão linear e arenização – que impõem severas limitações de produtividade e potencializam a erodibilidade do terreno, ainda que para usos compatíveis com sua aptidão original.

Dos mesmos fatores da EUPS depende a arenização, em particular aquela que ocorre no Sudoeste Goiano. Trata-se de um processo de erosão hídrica que leva à concentração de areias “lavadas” depositadas na superfície dos terrenos (SUERTEGARAY *et al.*, 2001). Quando associada a caminhos preferenciais de escoamento superficial em episódios pluviométricos intensivos, pode causar erosão linear (ASSAD *et al.*, 1994, IPT, 1998, SALOMÃO, 1999). Em RQs similares em Mineiros, também no Sudoeste Goiano, arenizados e sob erosão hídrica severa, a infiltração das águas pluviais domina nos terços superior e médio das vertentes retilíneas, onde praticamente não ocorrem areais nem tampouco feições erosivas de grande porte (CASTRO, 2006).

Tendo isto em vista, objetivou-se neste trabalho obter uma estimativa da erosividade, das perdas de solo e água e do potencial de arraste de sedimentos, PAS, na bacia hidrográfica do córrego Panela, no Sudoeste Goiano, dominada por NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico degradado, sob condições de chuva natural. Buscou-se também estimar as variações destas perdas sob seis diferentes tratamentos de recuperação do solo com formas de adubação e/ou correção química e adubação verde, com revegetação com espécies arbóreas nativas ou ecologicamente adaptadas ao bioma Cerrado, em relação a uma parcela testemunha. Desta forma, foi provocada uma variação em parâmetros que influenciam o fator C da EUPS e mensuradas as suas conseqüências.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na bacia hidrográfica do córrego Panela, tributário da bacia do córrego Retiro Velho, que aflui ao ribeirão das Pedras, afluente de terceira ordem da margem direita do rio Verde, na porção goiana da bacia do rio Paranaíba. Politicamente, situa-se na porção central do município de Serranópolis, no Sudoeste Goiano. O clima da região é do tipo Aw pela classificação de Köppen, o que implica em forte sazonalidade pluviométrica, de tipo tropical com verões chuvosos e invernos secos.

Na bacia do ribeirão das Pedras o relevo compõe parte do Domínio do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná (MAMEDE *et al.*, 1983). A região se encontra sobre a Formação Botucatu (SOUZA JR. *et al.*, 1983) e tem grande extensão de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos, RQo (EMBRAPA, 1999), que dominam amplamente as bacias dos córregos Panela e Retiro Velho.

A bacia do córrego Panela tem área de 1719,5 ha (Figuras 1 e 2). Seu relevo é plano e forma rampas retilíneas com declividade predominante de 0 a 3% (em 53,51% da área) e de 3 a 6% (em 34,69% da área). O campo experimental ocupa 1,40 ha e se encontra na Fazenda Pedras, com epicentro às coordenadas UTM 22 0377062 E e 7971289 N, em altitude de 679 m e declividade de 3%.

A cobertura vegetal original da região se constituía de fitofisionomias da formação savânica, em sua maioria Cerrado Sentido Restrito Ralo e, secundariamente, Cerrado Típico e Cerrado Denso (RIBEIRO & WALTER, 1998). O campo experimental foi desmatado em 1982 para plantio de cana-de-açúcar. Em 1987 foi cultivado com arroz e, no ano seguinte, convertido em pastagem de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*), como mostra a Figura 2. Atualmente é utilizado no pastoreio de bovinos à razão de 0,5 a 0,7 unidade animal.hectare⁻¹.



Figura 2. Vertente do campo experimental, mostrando rampa plana, retilínea e com cobertura vegetal inexpressiva.

Há desnudamento de solo em parte expressiva da área, com manchas de distribuição rarefeita e diâmetro de aproximadamente 1 m formadas por *B. ruziziensis*,

espécies ruderais e algumas nativas herbáceas. Ocorrem localmente processos erosivos laminares eólicos e lineares, com areais móveis. Desde sua conversão, o campo experimental não sofreu qualquer manejo, o que redundou no atual estágio de degradação e de limitada capacidade de resiliência.

Tendo em vista a recuperação da área por práticas vegetativas, foram configurados seis tratamentos e um testemunha. Dois tratamentos foram de correção e/ou adubação química com calcário e NPK+Ca. Os outros tratamentos previram a proteção do solo com bagaço de cana-de-açúcar e sua adubação orgânica com as leguminosas *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes guianensis* cultivar mineirão (Tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos implantados no campo experimental.

Tratamento	Produto utilizado	Dosagem	Unidade	Distribuição
I	bagaço de cana-de-açúcar	1.800	m ³ .ha ⁻¹	cobertura
II	NPK 4:14:8 + Ca	800	kg.ha ⁻¹	a lança
III	calcário	3,5	Mg.ha ⁻¹	a lança
IV	Testemunha			
V	<i>Cajanus cajan</i>	230	kg sementes.ha ⁻¹	a lança
VI	<i>Calopogonium mucunoides</i>	120	kg sementes.ha ⁻¹	a lança
VII	<i>Stylosanthes guianensis</i>	45	kg sementes.ha ⁻¹	a lança

O campo experimental foi locado transversalmente à vertente esquerda da bacia do córrego Panela, em seu terço superior, sobre RQo degradado, recoberto por areais móveis com pastagem degradada, em condições similares de cobertura por *B.*

ruzizensis. Os tratamentos foram ordenados paralelamente entre si, em sete parcelas únicas de 120 m² (30 x 40 m), mantendo-se uma faixa de 2 m de afastamento entre si e nas laterais (Figura 3).



Figura 3. Arranjo dos tratamentos no campo experimental.

Foi feita análise de parâmetros físico-químicos nos horizontes Areal, Ap, AC e C, com amostras colhidas após a abertura de trincheiras. Foram obtidas, dentre outras, mensurações para granulometria (argila, silte, areia fina e areia grossa) e matéria

orgânica, segundo os métodos propostos por EMBRAPA (1997). Foram também mensurados densidade real e aparente, micro e macroporosidade e porosidade total segundo EMBRAPA (1987).

Sobre os tratamentos foi feito plantio manual de mudas de 22 espécies arbóreas, nativas ou ecologicamente adaptadas ao Cerrado. Em torno do campo experimental, foram implantados cerca de arame liso reforçada e aceiros, para evitar circulação de animais domésticos e queimadas. Nenhum preparo de solo precedeu o plantio, que ocorreu em fevereiro de 2003 com espaçamento de 3 x 3 m. Não foi realizada irrigação das mudas.

Dentro de cada parcela experimental, foram instaladas chapas galvanizadas com 0,30 m de altura, que foram enterradas a 0,10 m, delimitando um espaço de 10 x 3 m (30 m²) de área sujeita à enxurrada, em cuja base foi instalada uma calha coletora de 0,3 x 3 m para captação da água e solo transportado no espaço de 30 m² de cada parcela. Na base de cada calha coletora, uma canalização de PVC conduzia o solo e a água a um tambor metálico com capacidade de 200 L.

Às 17 horas de todos os dias nos quais ocorreu precipitação, após adição do material remanescente em cada calha aos tambores, foi mensurado o volume de água de cada tambor e coletado 1 L do mesmo, após homogeneização. Após filtragem, os sedimentos foram secos ao ar durante 60 dias e pesados em balança eletrônica no Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal de Goiás, LABOGF/IESA. A fase experimental se estendeu de outubro de 2003 a setembro de 2005, tendo coberto dois ciclos sazonais de períodos secos e chuvosos.

A precipitação pluviométrica local foi mensurada diariamente com pluviômetro de campo. Foram também buscados dados pluviométricos mensais da Agência Nacional de Águas, ANA, para as Estações Serranópolis (Código 01851005), Chapadão do Céu (Código 01851001) e Aporé (Código 01852001), situadas respectivamente a leste, oeste e sul do campo experimental, no período de janeiro de 1983 a setembro de 2005.

Para a formação de uma série histórica de 22 anos de dados pluviométricos no campo experimental, foram produzidas médias, desvio padrão, coeficiente de variação e ajuste por regressão linear dos dados de dois anos do pluviômetro de campo e a média de dados pluviométricos mensais das Estações da ANA. Com esta série histórica, o fator R foi calculado segundo a fórmula de *Morais et al.* (1991) e os fatores L e S foram calculados conjuntamente, segundo a equação de *Bertoni & Lombardi Neto* (1999). Perdas de solo e água no solo testemunha tiveram sua associação testada por regressão

linear, entre si e com erosividade, após conversão em logaritmos naturais. As perdas de solo e água e o PAS por tratamento e por período foram objeto de análise percentual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados analíticos do perfil de solo constam da Tabela 3 e revelam tratar-se de solo de textura arenosa (89% de areia e 8% de argila), com reduzida concentração de matéria orgânica, que tende a diminuir no sentido da profundidade do solo (de 6,0 a 3,0 g.kg⁻¹ do horizonte Ap para C1), limitando sua capacidade de reter nutrientes e água. A capacidade de retenção de água de RQo varia, em solos do Distrito Federal, de 0,3 a 0,4 mm.cm⁻¹ ou 3 a 4% (SPERA, 1999), o que os caracteriza como solos de drenagem acentuada a excessiva.

Tabela 3. Granulometria e fertilidade do perfil de RQo.

Item analisado	Unidade	Areal	Ap	AC	C1
		0 a 5 cm	10 a 20 cm	56 a 66 cm	138 a 148 cm
Areia grossa	%	23,00	27,00	27,00	29,00
Areia fina	%	64,00	62,00	62,00	60,00
Silte	%	4,00	3,00	3,00	3,00
Argila (NaOH)	%	9,00	8,00	8,00	8,00
Relação silte/srgila		0,44	2,50	0,38	0,38
Matéria orgânica	g.kg ⁻¹	8,00	6,00	5,00	3,00
Atividade de argilas	cmol _c .dm ⁻³	17,00	19,00	19,00	14,00

O comportamento físico-hídrico desse solo (Tabela 4) confirma sua permeabilidade elevada, além da densidade de partículas próxima à do quartzo, o que era esperado, com densidade do solo baixa devido à elevada macroporosidade (80%). Trata-se de um solo fortemente lixiviado, de baixa fertilidade e baixa coesão, o que o caracteriza como susceptível a processos erosivos hídricos quando mal manejado e, em particular, à arenização.

Na associação de dados de textura, propriedades químicas e comportamento físico-hídrico, estes solos reforçam o que explica Correia *et al.* (2002) para RQo: A pequena adsorção de nutrientes e a decomposição de matéria orgânica são favorecidas pela macroporosidade e permeabilidade, que potencializam a percolação.

Oliveira (2004) destaca que a infiltração em solos arenosos finos a muito finos é mais lenta que em solos arenosos médios a grossos, pelo quê pode ocorrer acúmulo de água na superfície que exceda a capacidade de infiltração e provoque perda de solo e água. Mais além, o silte e as areias finas são as partículas do solo menos resistentes ao carreamento. Logo, se estas partículas forem removidas a composição granulométrica é

dominada por areias grossas, com capacidade de coesão, retenção de água e nutrientes absolutamente pequena. Os fatores L e S, calculados conjuntamente segundo a equação de Bertoni & Lombardi Neto (1999), resultaram em 0,153461.

Tabela 4. Comportamento físico-hídrico do perfil de RQo.

Horizonte	Peso seco (g)	Densidade (g.cm ⁻³)		Porosidade (%)		
		Real/partículas	do solo	Micro (MiP)	Total (PT)	Macro (Map)
Areal	104,192	2,703	0,380	5,058	85,957	80,899
Ap	100,846	2,703	0,384	4,714	85,801	81,088
AC	102,361	2,703	0,377	5,175	86,065	80,890
C1	102,430	2,703	0,399	6,348	85,223	78,875

Durante o período experimental ocorreram localmente 141 dias de chuva, dos quais 41 (29,08% dos dias) tiveram chuvas erosivas. O limiar de precipitação com possibilidade de efeitos erosivos foi constatado como sendo 8 mm, embora se tenham constatado chuvas não erosivas de até 45 mm. A definição de um limiar de erosividade neste intervalo demanda a análise da intensidade de chuvas e do volume remanescente retido de eventos anteriores, mesmo se tratando de um solo de alta permeabilidade. Um exemplo disto é a comparação entre chuvas de 8 mm ocorridas em fevereiro/2004. No dia 2/2/2004 ocorreu chuva erosiva de 8 mm, após três dias com pluviometria entre 23 e 57 mm diários. Já em 24/2/2004 ocorreu chuva não erosiva de 8 mm, após dois dias com pluviometria entre 18 e 26 mm diários.

A regressão linear entre os dados de dois anos do pluviômetro de campo e a média de dados pluviométricos mensais das séries de 22 anos das três estações da ANA é descrita pela equação $y = 0,7254x + 41,005$ ($R^2 = 0,6342$). A erosividade anual constatada foi de 8220,83 MJ.mm.ha⁻¹h⁻¹ano⁻¹ e sua distribuição ao longo dos meses é a exposta na Figura 4 a seguir.

Depreende-se do gráfico que os meses de novembro a março respondem juntos por 81,98% da erosividade, sendo que o mês de janeiro detém o maior percentual, com 22,63%. Os meses de maio a agosto totalizam 4,34% da erosividade anual, sendo que os meses de junho e julho respondem pelas menores contribuições à erosividade anual, respectivamente com 0,84% e 0,67%.

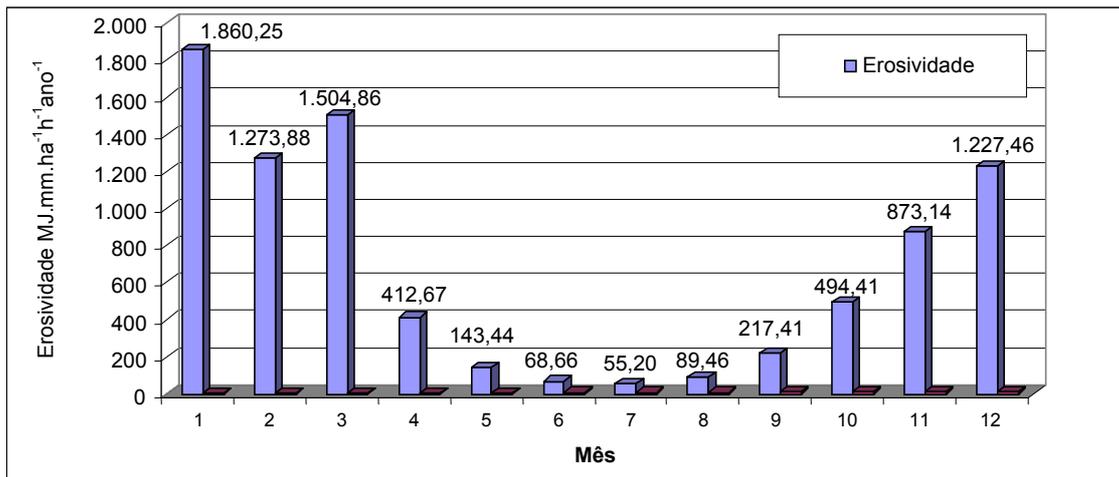


Figura 4. Distribuição mensal da erosividade.

Oliveira (2004) encontrou dados semelhantes para o Setor Sul da bacia do Alto rio Araguaia, com erosividade anual de $8452 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$, que considerou compatíveis com outras mensurações em regiões tropicais subúmidas. A autora constatou que o período de novembro a março concentra 80,08% da erosividade anual, com pico no mês de dezembro com 19,19%. O período de menor erosividade ocorreu de maio a agosto (3,54%), com pico no mês de julho com 0,18%. A erosividade anual naquela região é, assim, ligeiramente maior e sazonalmente mais concentrada que no campo experimental.

Para o solo testemunha do campo experimental, a perda de solo para os dois anos foi de $8,4630 \text{ Mg.ha}^{-1}$. Entretanto, sua distribuição nos dois anos da fase experimental foi bastante desigual, de $1,1459 \text{ Mg.ha}^{-1}$ no primeiro ano e de $7,3171 \text{ Mg.ha}^{-1}$ no segundo ano (Figura 5), sendo portanto muito aumentado de um ano para outro. De fato, para Bertol *et al.* (1989) as variações nas perdas de solo se associam à variação anual da erosividade e da umidade do solo antecedente às chuvas.

Entretanto, as diferenças de perda de solo entre os verões de 2003/2004 e 2004/2005 foram atribuíveis às diferenças de pluviometria anual entre os dois anos, tendo em vista que os dados pluviométricos mensais de campo e das estações ANA são bastante variáveis entre si. Das 24 mensurações comparadas entre 2003 a 2005, 17 tiveram coeficiente de variação maior que 0,25 dentre as estações.

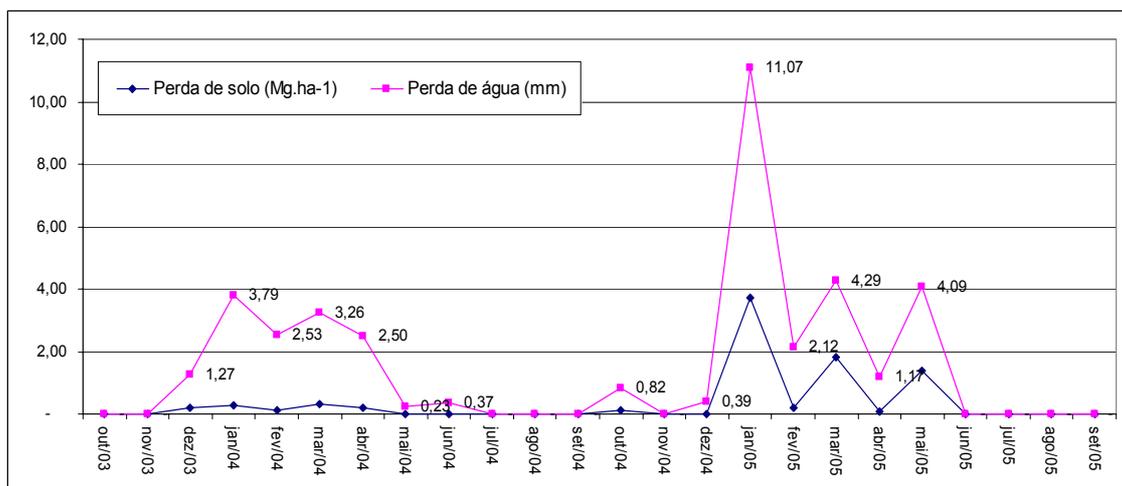


Figura 5. Distribuição mensal das perdas de solo e água no solo testemunha.

Os meses de janeiro a abril respondem juntos por 99,70% da perda de solo no primeiro ano, sendo que o mês de março compõe o maior percentual, com 28,79%. De janeiro a abril do segundo ano houve 79,41% da perda de solo e o maior percentual ocorreu em janeiro, com 50,75%. No segundo ano houve perda de solo expressiva até maio, com 18,85%. Em outubro e novembro de 2003, julho a setembro e novembro de 2004 e junho a setembro de 2005 não houve perda de solo.

Tabela 5. Pluviometria mensal em três estações da ANA e no campo experimental, média, desvio padrão (σ) e coeficiente de variação (CV) de 1/10/2003 a 1/06/2005.

Data	Chapadão	Aporé	Serranópolis	Pluviômetro	Média	σ	CV
1/10/2003	188,90	190,40	145,20	51,00	143,88	65,37	0,45
1/11/2003	184,10	199,00	121,40	94,00	149,63	50,06	0,33
1/12/2003	162,10	232,60	207,70	169,00	192,85	33,24	0,17
1/1/2004	286,30	373,50	337,40	364,00	340,30	39,11	0,11
1/2/2004	241,40	226,70	250,30	257,00	243,85	13,10	0,05
1/3/2004	103,60	195,30	114,40	331,00	186,08	104,93	0,56
1/4/2004	164,60	137,90	126,90	111,00	135,10	22,55	0,17
1/5/2004	52,00	38,50	16,40	65,00	42,98	20,76	0,48
1/6/2004	20,60	8,70	14,50	61,00	26,20	23,70	0,90
1/7/2004	18,50	6,60	14,40	14,00	13,38	4,95	0,37
1/8/2004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/9/2004	10,50	0,00	0,00	0,00	2,63	5,25	2,00
1/10/2004	228,10	166,40	140,80	177,00	178,08	36,65	0,21
1/11/2004	143,00	234,90	168,50	87,00	158,35	61,34	0,39
1/12/2004	236,10	207,60	313,30	165,00	230,50	62,45	0,27
1/1/2005	460,20	501,90	268,70	326,00	389,20	109,93	0,28
1/2/2005	50,90	129,70	58,50	139,00	94,53	46,25	0,49
1/3/2005	94,90	322,20	139,00	294,00	212,53	112,41	0,53
1/4/2005	10,10	78,80	306,00	28,60	105,88	136,54	1,29
1/5/2005	4,50	67,00	93,30	114,00	69,70	47,53	0,68
1/6/2005	8,00	58,10	12,50	14,00	23,15	23,44	1,01
1/7/2005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/8/2005	0,00	12,00	0,00	0,00	3,00	6,00	2,00
1/9/2005	18,00	93,00	0,00	0,00	27,75	44,32	1,60

A perda de solo no solo testemunha foi proporcionalmente acompanhada pela perda de água, de 36,7133 mm para os dois anos, ou 1,2829% da precipitação no campo experimental no período (2982 mm), dos quais 15,8498 mm no primeiro ano e 16,0440 mm no segundo ano. De dezembro a abril do primeiro ano houve 92,41% da perda de água e de dezembro a abril do segundo ano houve 79,52% da perda de água. Em outubro e novembro de 2003, julho a setembro e novembro de 2004 e junho a setembro de 2005 não houve perda de água. Bertol *et al.* (1989) indicaram que perdas de solo e de água apresentam as mesmas tendências quando se comparam as estações do ano entre si, mas que as perdas de água são menos afetadas pelos componentes do fator C da EUPS que as de solo.

Após conversão em logaritmos naturais por evento, os dados de perda de solo e água foram descritos por regressão linear pela equação $y = 2,5119x - 1,0126$ ($R^2 = 0,8668$), ilustrada na Figura 6.

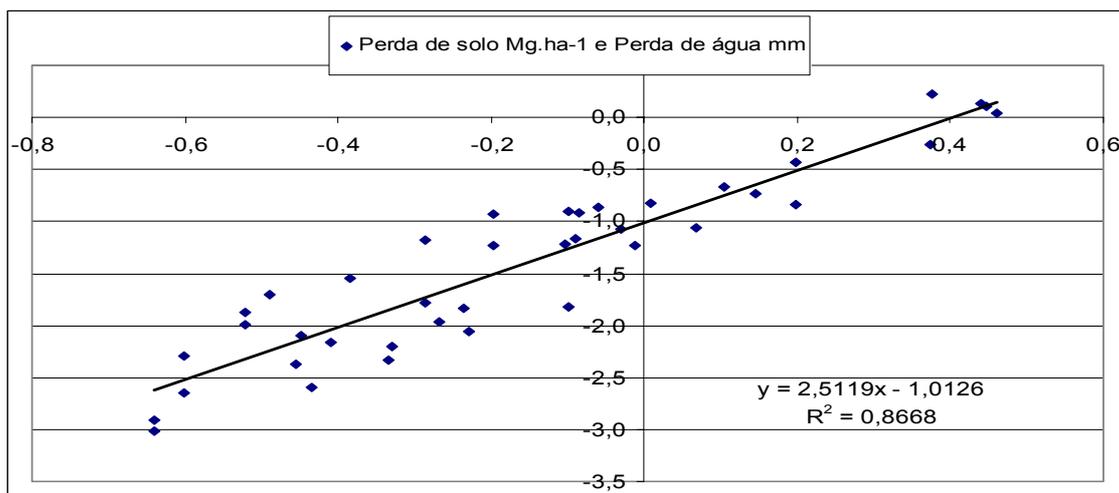


Figura 06. Regressão entre perdas de solo e água por evento no solo testemunha.

As diferenças entre as distribuições anuais desiguais de perdas de solo e água não são acompanhadas pela distribuição da erosividade, que foi ajustada com base na série histórica de dados da ANA. Por isto, as correlações entre perda de solo e perda de água com erosividade foram pequenas, tendo produzido $R^2 = 0,042$ e $R^2 = 0,0309$ respectivamente em regressões lineares.

A comparação de perdas de solo e de água por tratamento durante todo o período experimental evidencia que menores perdas ocorreram nos tratamentos 5, 6 e 7 (Figura 7), correspondentes respectivamente às adubações verdes com *C. cajan*, *C. mucunoides* e *S. guianensis*. Quando se avalia todo o período experimental, constata-se concentração

das perdas de solo e água nos períodos chuvosos de Outubro/2003 a Abril/2004 e Outubro/2004 a Abril/2005.

Embora o percentual de infiltração constatado seja esperado para a granulometria preponderantemente arenosa, a cobertura verde sobre o RQo parece ter favorecido a coesão de partículas, o teor de matéria orgânica e a tortuosidade do fluxo de escoamento superficial pela perda de velocidade, concordando com o que observaram Seganfredo *et al.* (1997).

Beutler *et al.* (2003) destacam que o aumento da rugosidade da superfície do solo pela cobertura vegetal diminui as perdas de solo e água pela erosão hídrica sob chuva natural. Em campo, há presença de depósitos superficiais de areia sobre o horizonte Ap do RQo com transição Areal/Ap forte ondulada abrupta e aparentemente estratificada. Isto poderia indicar a diminuição de energia de escoamento, com conseqüente deposição de sedimentos e nivelamento natural da superfície do terreno.

Os resultados confirmam também as afirmações de Seganfredo *et al.* (1997), Bertol *et al.* (1989) e Bertoni & Lombardi Neto (1999) de que a cobertura vegetal é reconhecidamente o fator isolado que exerce maior influência sobre a perda de solo por erosão, ao dissipar a energia cinética do impacto das gotas de chuva. Esta proteção pode variar com o tipo, estágio de desenvolvimento e percentual de cobertura das plantas. Para o primeiro autor, plantas prostradas e de folhas largas protegem melhor o solo que plantas eretas e de folhas estreitas, por aumentarem a rugosidade da superfície do solo.

Em média, tem-se perda de solo $4,2315 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ e perdas de água de 1,2829% no tratamento testemunha do campo experimental. Trata-se de limites compatíveis com a literatura internacional e que destacam os efeitos da infiltração em RQo. Veiga & Wildner (1993) e Martins *et al.* (2003) admitem perdas de solo da ordem de $12,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ para solos profundos, permeáveis e bem drenados. Silva *et al.* (2005) e Martins *et al.* (2003) indicaram perdas de solo de 0,1 a $31,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ em sistemas de cultivo agrícola no Brasil, em que o plantio direto foi o sistema de menores perdas. Dechen *et al.* (1981) avaliaram o efeito da cobertura de gramíneas e leguminosas sobre a perda de solo e água, tendo constatado valores de 0,1 a $35,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ e de 0,6 a 8,8% respectivamente. Há efetividade de leguminosas na acumulação de N em áreas degradadas. Já as gramíneas resultam em rápida cobertura do solo.

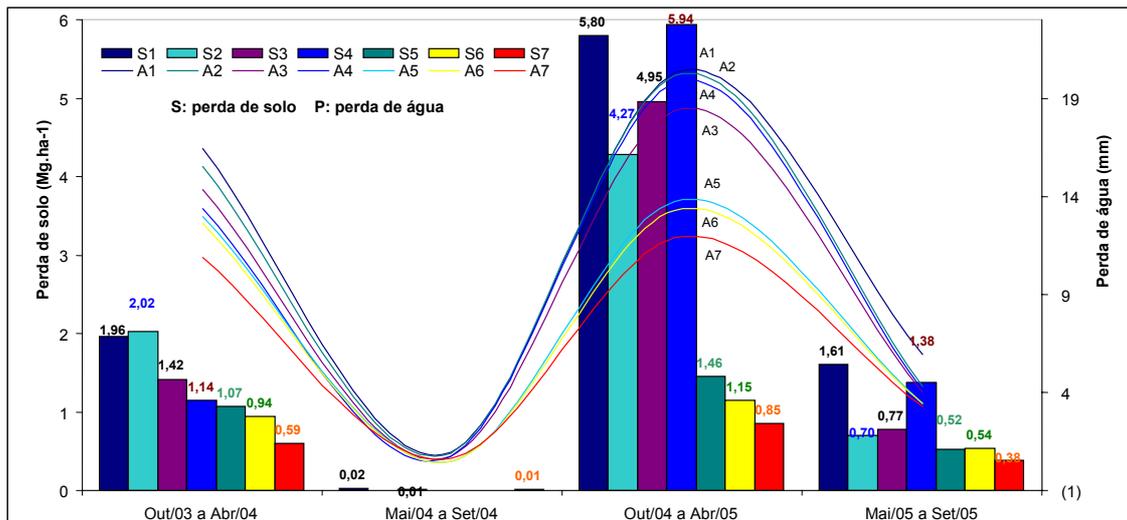


Figura 07. Perdas de solo e de água por tratamento e por período experimental.

Poucas são as referências de perdas de água e solos para sistemas com espécies arbóreas. Comparando perdas de solo e água em sistemas florestais nativos, plantados e em solo descoberto em áreas de ARGISSOLO e PLINTOSSOLO de relevo plano a forte ondulado no Espírito Santo, Martins *et al.* (2003) constataram perdas de solo de 0,21 a 3,20 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para plantios de eucaliptos, de 0,04 a 0,21 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para áreas de mata nativa e de 0,32 a 41,83 t.ha⁻¹.ano⁻¹ em solo descoberto. As perdas médias de água representaram de 0,46 a 15,79% da precipitação média anual.

As Figuras 7 a 10 e a Tabela 6 expõem as perdas de solo e água, o PAS e variáveis associadas por período e por tratamento. A diferença expressiva de perda de solos entre o 1º e o 2º períodos chuvosos (2003/2004 e 2004/2005) dentre os tratamentos é atribuível principalmente à diferença de pluviometria entre os dois períodos chuvosos, que se traduziu em grande diferença entre as perdas de solo nos tratamentos sem cobertura verde. Nos tratamentos com cobertura verde as perdas foram semelhantes entre os dois períodos chuvosos, o que sugere que a erosividade específica ao 2º período chuvoso teria sido atenuada pela cobertura de herbáceas.

A ordem decrescente de tratamentos com maior perda de solos e água no primeiro período chuvoso foi 1>2>3>4>5>6>7. Para perda de solos no 2º período chuvoso a ordem decrescente de tratamentos foi 4>1>3>2>5>6>7 e para perda de água a ordem decrescente foi de 1>2>4>3>5>6>7 no mesmo período. No 2º período seco houve perdas de solo na ordem decrescente de 1>4>3>2>5>6>7. A ordem decrescente de perdas de água se manteve em relação ao período chuvoso anterior.

As Figuras 8 a 10 mostram o comportamento das curvas de perdas de solo, água e do potencial de arraste de sedimentos (PAS), separadamente, para cada período sazonal do experimento, em relação à precipitação mensurada em campo.

Tabela 6. Precipitação no campo, perdas de solo e de água, escoamento e infiltração e PAS por tratamento e por período.

Período	Item por tratamento	1	2	3	4	5	6	7
1º chuvoso	Precipitação no campo (mm)	1377						
	Perda de solo (Mg.ha ⁻¹)	1,958	2,020	1,416	1,142	1,073	0,941	0,593
	Perda de água (mm)	16,435	15,493	14,327	13,351	12,983	12,582	10,886
	Escoamento (%)	2,110	1,989	1,839	1,714	1,667	1,615	1,397
	Infiltração %	97,890	98,011	98,161	98,286	98,333	98,385	98,603
	PAS	0,119	0,130	0,099	0,086	0,083	0,075	0,054
1º seco	Precipitação no campo (mm)	140						
	Perda de solo (Mg.ha ⁻¹)	0,021	0,003	0,007	0,003	0,002	0,002	0,008
	Perda de água (mm)	0,814	0,798	0,619	0,597	0,418	0,441	0,563
	Escoamento (%)	0,708	0,693	0,538	0,519	0,364	0,383	0,490
	Infiltração %	99,292	99,307	99,462	99,481	99,636	99,617	99,510
	PAS	0,026	0,004	0,012	0,006	0,005	0,004	0,013
2º chuvoso	Precipitação no campo (mm)	1325						
	Perda de solo (Mg.ha ⁻¹)	5,800	4,274	4,949	5,938	1,456	1,146	0,848
	Perda de água (mm)	20,406	20,250	18,488	19,871	13,837	13,390	11,957
	Escoamento (%)	2,878	2,856	2,608	2,803	1,952	1,889	1,686
	Infiltração %	97,122	97,144	97,392	97,197	98,048	98,111	98,314
	PAS	0,284	0,211	0,268	0,299	0,105	0,086	0,071
2º seco	Precipitação no campo (mm)	60						
	Perda de solo (Mg.ha ⁻¹)	1,606	0,704	0,771	1,379	0,520	0,536	0,379
	Perda de água (mm)	5,945	4,283	4,004	4,088	3,441	3,424	3,279
	Escoamento (%)	8,257	5,949	5,561	5,678	4,779	4,756	4,555
	Infiltração %	91,743	94,051	94,439	94,322	95,221	95,244	95,445
	PAS	0,270	0,164	0,193	0,337	0,151	0,157	0,116

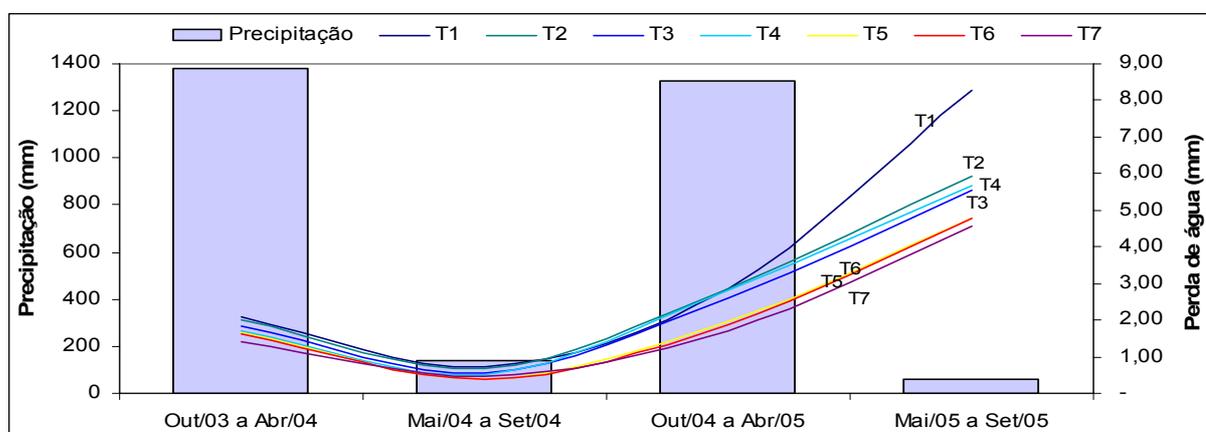


Figura 08. Comportamento da curva de perda de solo de cada tratamento em relação à precipitação no campo experimental por período.

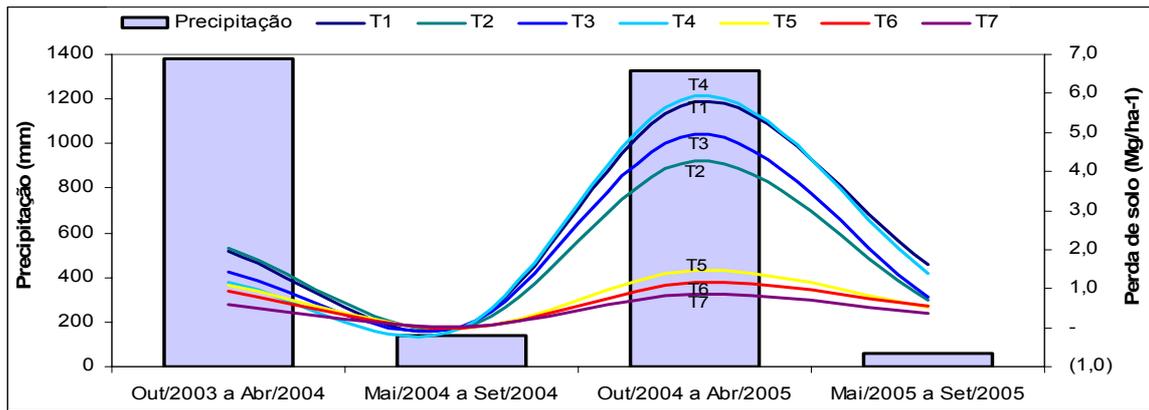


Figura 09. Comportamento da curva de perda de água de cada tratamento em relação à precipitação no campo experimental por período.

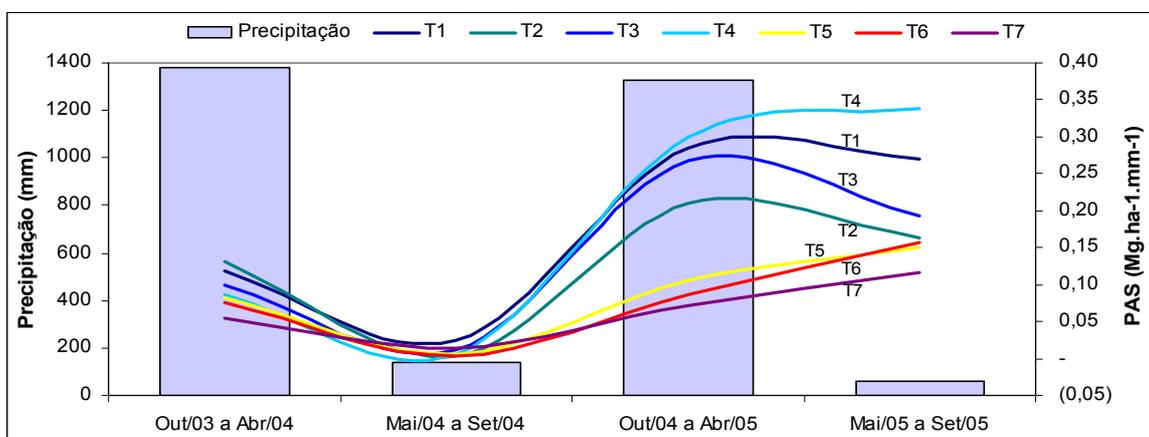


Figura 10. Comportamento da curva de PAS de cada tratamento em relação à precipitação no campo experimental por período.

Há nítida distinção entre dois agrupamentos de curvas representativas dos tratamentos. Para as três grandezas, as curvas que descrevem os tratamentos com adubação verde têm tendências semelhantes, apresentam sempre menores números e obedecem à ordem $6 > 5 > 7$ para perda de solos e $5 > 6 > 7$ para perda de água e PAS. Um segundo agrupamento reúne as curvas que descrevem os tratamentos 1, 2, 3 e 4, correspondentes respectivamente a bagaço de cana-de-açúcar, NPK + Ca, calcário e testemunha, que tiveram as maiores perdas de solo e água e os maiores PAS. As curvas obedecem à ordem $1 > 2 > 4 > 3$ para perda de solos e $4 > 1 > 3 > 2$ para perda de água e PAS. As curvas corroboram a importância das adubações verdes sobre o fator C na condição do experimento.

Cabe destacar que *C. cajan* e *C. mucunoides* são culturas anuais e *S. guianensis* é uma cultura semi-perene. O crescimento destas três formas de cobertura verde se revelou suficiente para atenuar perdas de solo e água logo após a germinação, ainda no 1º período chuvoso, e manteve este efeito também no 2º período chuvoso. Isto revela a

eficácia de *C. cajan* e *C. mucunoides* desde imediatamente após sua instalação no ambiente até a senescência e fase inicial de decomposição. No 2º período seco, a eficácia é perdida, indicando que os resíduos remanescentes das culturas anuais atingiram avançado grau de decomposição. Em *S. guianensis* o efeito se manteve, dada a permanência do estoque verde no tratamento.

A deposição de bagaço de cana-de-açúcar não foi suficiente para conter a perda de solos e água, que se manteve alta em todo o período experimental neste tratamento. Isto sugere que a deposição de matéria orgânica fisicamente grosseira e com alta relação C/N não diminuiu as perdas de solo e água no cenário testado. A intensa ativação da microbiota edáfica imediatamente após a deposição pode ter causado esgotamento do estoque de nutrientes em formas facilmente disponíveis, deprimindo a ação da microbiota edáfica (BRADY, 1989). O oposto parece ter ocorrido com a cobertura verde de leguminosas, que mantém um estoque de relação C/N mais estável ao longo do tempo e disponibiliza na senescência material mais fino.

Uma apreciação do crescimento em altura e diâmetro médio das 22 espécies arbóreas testadas no experimento se encontra em Antunes (2006). Dentre todos os tratamentos, a adubação verde *C. mucunoides* proporcionou as maiores alturas médias finais, à exceção do tratamento NPK + Ca, bem com maior diâmetro à altura do peito (DAS). *C. brasiliense* teve as maiores médias finais de altura e DAS no tratamento NPK + Ca. No solo testemunha, *Q. grandiflora* foi a espécie de maior altura e DAS médio final, assim como *C. brasiliense* em bagaço de cana-de-açúcar.

Dos tratamentos com adubação verde, em *C. cajan*, *P. gonoacantha* e *Q. grandiflora* alcançaram as maiores alturas e DAS médios finais. Em *C. mucunoides* a maior altura e DAS médios finais couberam a *Q. grandiflora*. Curiosamente, a *S. guianensis* associaram-se as menores médias máximas de parâmetros biométricos ao final do experimento, bem como as menores sobrevivências dentre as espécies. Para Antunes (2006), *S. guianensis* exerceu competição por água e nutrientes com as mudas já a partir do 1º período seco, por seu intenso desenvolvimento – o que proporcionou que também compusesse o tratamento com menores perdas de solo e água e de menor PAS.

Desta forma, não houve relação entre a eficiência dos tratamentos na atenuação das perdas de solo e água e seu efeito sobre o crescimento das espécies arbóreas testadas no período. Isto indica que a biomassa formada pelo povoamento durante o período experimental no espaçamento testado não foi suficiente para uma adequada retenção.

Lima (1996) avaliou as perdas de solo e água sobre uma área com então denominadas Areias Quartzosas, atualmente RQo, cultivada com *Eucalyptus grandis*. O autor constatou perdas de solo de 1,0 a 6,5 Mg.ha⁻¹ano⁻¹ no primeiro ano, que decresceram para 0,01 a 0,14 Mg.ha⁻¹ano⁻¹ no quarto ano. Esta diminuição indica a conveniência de se mensurarem perdas de solo e água nos próximos anos, para uma avaliação do efeito das espécies arbóreas em crescimento.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho obteve uma estimativa da erosividade, das perdas de solo e água e do potencial de arraste de sedimentos (PAS) na bacia hidrográfica do córrego Panela, no Sudoeste Goiano, dominada por RQo degradado, sob condições de chuva natural. Estimaram-se também as variações destes parâmetros em seis diferentes tratamentos de recuperação do solo.

O RQo experimental é um solo arenoso com percentual expressivo de areias finas, pequena concentração de matéria orgânica, elevada macroporosidade, baixa coesão e permeabilidade elevada, o que limita sua capacidade de reter nutrientes e água e o torna susceptível a processos erosivos, como a arenização. O intervalo de limiares diários de precipitação com possibilidade de efeitos erosivos é de 8 a 45 mm, e definição demanda análise da intensidade de chuvas e da retenção de chuvas de eventos anteriores – associada principalmente às areias finas. A erosividade anual foi de 8220,83 MJ.mm.ha⁻¹h⁻¹ano⁻¹. Deste total, 81,98% se concentram de novembro a março e 4,34%, de maio a agosto.

A perda média anual de solo testemunha foi de 4,2315 Mg.ha⁻¹ e teve distribuição bastante desigual nos dois anos da fase experimental, o que pode ser atribuível às suas diferenças de pluviometria anual. De janeiro a abril ocorrem pelo menos 79% da perda de solo. A perda de água foi de 1,2829% e houve pequena diferença entre os dois anos, tendo se concentrado em pelo menos 79% de dezembro a abril nos dois anos. A concentração sazonal ocorreu independentemente dos tratamentos testados, que afetaram o fator C da EUPS, embora as perdas de água tenham sido menos afetadas pela cobertura verde que as de solo.

As menores perdas ocorreram sob adubações verdes com *C. cajan*, *C. mucunoides* e *S. guianensis*. A cobertura verde sobre o RQo parece ter favorecido a coesão de partículas, o teor de matéria orgânica e a rugosidade da superfície. Nos tratamentos com cobertura verde as perdas foram semelhantes entre os dois períodos

chuvosos. Tanto as perdas de solo e água quanto as diferenças de perdas de solo entre o 1º e o 2º períodos chuvosos dentre os tratamentos foram maiores nos tratamentos com bagaço de cana-de-açúcar, NPK + Ca, calcário e testemunha. O PAS acompanha a mesma tendência das perdas de solo e água nos tratamentos com e sem adubação verde.

A ordem decrescente de tratamentos com maior perda de solos e água no primeiro período chuvoso foi bagaço de cana-de-açúcar > NPK+Ca > calcário > testemunha > *C. cajan* > *C. mucunoides* > *S. guianensis*. Para perda de solos no 2º período chuvoso a ordem decrescente de tratamentos foi testemunha > bagaço de cana-de-açúcar > calcário > NPK+Ca > *C. cajan* > *C. mucunoides* > *S. guianensis* e para perda de água a ordem decrescente foi de bagaço de cana-de-açúcar > NPK+Ca > testemunha > calcário > *C. cajan* > *C. mucunoides* > *S. guianensis* no mesmo período. No 2º período seco houve perdas de solo na ordem decrescente de bagaço de cana-de-açúcar > testemunha > calcário > NPK+Ca > *C. cajan* > *C. mucunoides* > *S. guianensis*. A ordem decrescente de perdas de água se manteve em relação ao período chuvoso anterior.

Os valores encontrados são compatíveis com a literatura internacional em solos profundos, permeáveis e bem drenados em sistemas agrícolas e florestais, e reafirmam a importância das adubações verdes sobre o fator C no cenário experimental. Em *S. guianensis* o efeito se manteve por mais tempo, posto se tratar de uma cultura semi-perene. Cabe lembrar que o tratamento *S. guianensis* produziu as menores sobrevivências e as médias máximas de parâmetros biométricos para 22 espécies arbóreas, por ter exercido competição por água e nutrientes com as mudas.

A biomassa formada pelo povoamento de espécies arbóreas durante o período experimental, no espaçamento testado, não foi suficiente para garantir uma adequada retenção. No sentido de uma recuperação de longo prazo das áreas de RQo degradadas, é conveniente mensurar as perdas de solo e água e o PAS da área nos próximos anos, para uma avaliação dos efeitos da biomassa de espécies arbóreas em crescimento e de combinações com períodos iniciais com adubação verde, preferivelmente testando-se associações de gramíneas e leguminosas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, E. C. & CASTRO, S. S. **Relações solo-relevo e a presença de areais na bacia do ribeirão Perdas, em Serranópolis/GO.** 2006 (inédito).
- ANTUNES, E. C. **Recuperação de uma área degradada sobre NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos no Sudoeste Goiano: sobrevivência, diâmetro e altura de 22 espécies arbóreas.** 2006 (inédito).
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E.; MASUTOMO, R.; RODRIGUEZ de CASTRO, L.H.; SILVA, F.A.M. da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. *In*: ASSAD, E.D., (Coord.) **Chuvras nos cerrados: análise e espacialização.** Planaltina/DF: EMBRAPA/CPAC, 1994.
- BAPTISTA, G. M. M., EID, N. J. Análise de quatro métodos indiretos de determinação da erodibilidade (fator da USLE) dos grandes grupos de solos do Distrito Federal. *In*: **Sociedade & Natureza.** Uberlândia, n. 12, v. 24, p. 63-70, jul/dez. 2000.
- BERTOL, I.; COGO, N. P. & LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 13, p. 376-379, 1989.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone, 1999. 4^a. ed. 355 p.
- BEUTLER, J. F., BERTOL, I., VEIGA, M., WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, n. 3, jun. 2003. p. 509-517.
- BRADY, N. **Natureza e propriedades dos solos.** 7^a ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989.
- CASTRO FILHO, C., CAVIGLIONE, J. H., RUFINO, R. L. Determinação do potencial erosivo das chuvas na bacia do Paraná: 1^a aproximação. **CD SELMA.**
- CASTRO, S.S. Erosão hídrica na alta Bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes e dinâmica atual. **Revista do Departamento de Geografia, FFLCH/USP.** São Paulo, 2006 (*no prelo*).
- CORRECHEL, V. Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do *fallout* do ¹³⁷Cs. **Tese de Doutorado.** Piracicaba: USP/ESALQ, 2003. 79 p..
- CORREIA, J. R. *et al.* Solos e suas Relações com o Uso e o Manejo. *In*: SOUZA, M. G. e LOBATO, E. (Org.) **Cerrado: Correção do Solo e Adubação.** Planaltina/DF: EMBRAPA Cerrados, 2002. p. 29-79.
- DECHEN, S. C. F., LOMBARDI NETO, F., CASTRO, O. M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle de erosão em Latossolo Roxo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 5, 1981. p. 133-137

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO. **Métodos de Análise do Laboratório de Análises Físico-hídricas do Solo**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1987 (*Documento interno*). 7 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997.

FREIRE, O., PEREIRA, V. P., CARVALHO, W. A., TOMMASELLI, J. T. G., GODOY, C. F. T., TEIXEIRA, S. R. Erodibilidade de alguns solos do Oeste do Estado de São Paulo. Simpósio Nacional de Controle de Erosão, IV. *Anais...* **CD SELMA**.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. . **Investigação, caracterização para o controle corretivo e preventivo de nove feições erosivas lineares e respectivas bacias de contribuição – Bacia Hidrográfica do Alto Araguaia GO/MT**. Relatório 36904. São Paulo: IPT, 1998.

ITO, H. K., ROCHA, J. V., CAVALIERI, A., LOMBARDI NETO, F. Análise da estimativa de perdas de solo, com a variação do fator uso e manejo (C) na equação universal de perdas de solo (EUPS), aplicada a um reflorestamento de eucalipto. Simpósio Nacional de Controle de Erosão, IV. *Anais...* **CD SELMA**.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: USP, 1996, 301 p. 2ª. ed.

LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity: its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. **Tese de Mestrado**. West Lafayette: Purdue University, 1977. 53 p.

MAMEDE, L., ROSS, J. L. S., SANTOS, L. M. dos, NASCIMENTO, M. A. L. S. do. **Geomorfologia**. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N., CURTI, N., FERREIRA, M. M., FONSECA, S., MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 27, p. 395-403, 2003.

MORAIS, L. F. B., SILVA, V., NASCIENVENG, T. M. C., HARDOIN, P. C., ALMEIDA, J. E. L., WEBER, O. L. S., BOEL, E., DURIGON, V. Índice EI₃₀ e sua relação com o coeficiente de chuva no sudoeste do Mato Grosso. **Rev. Bras. Ci. Solo**, n. 15, p. 339-344. CD ROM. 1991.

OLIVEIRA, V.C.V. **Susceptibilidade e risco a erosão laminar no setor Sul do alto curso da bacia do rio Araguaia GO/MT**: Discussão metodológica e proposta de avaliação espacial. Dissertação (Mestrado), UFG/IESA. Goiânia, 2004.

PIMENTA, M. T. **Directrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda de Solos em SIG: factor de cultura C e factor de erodibilidade do solo K**. INAG/DSRH, 1998. Disponível em <http://www.snirh.inag.pt>. Acesso em 01/04/2006.

- RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. (Org.) **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina/DF: EMBRAPA - CPAC, 1998. p. 87-166.
- SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos processos erosivos. *In*: GUERRA, A.J.T. *et al.* (Orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- SCOPEL, I. & SILVA, M. R. Erodibilidade no Estado de Goiás. **Uniciência**, v. 8, p. 123-132. 200_.
- SEGANFREDO, M. L., ELTZ, F. L. F., de BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 21, p. 287-291, 1997.
- SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v. 57, 2004. p. 251-159.
- SILVA, A. M., SILVA, M. L. N., CURI, N., LIMA, J. M., AVANZI, J. C., FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em CAMBISSOLO e LATOSSOLO sob chuva natural. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 40, n. 12, Brasília, 2005.
- SILVA, M. L. N., CURI, N., LIMA, J. M., FERREIRA, M. M., LOMBARDI NETO, F. Métodos estimativos da erodibilidade para latossolos brasileiros: comparação e avaliação. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXVI, Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** (CD ROM).
- SOUZA JÚNIOR, J.J. de; FREIRE, F de A., OLIVEIRA, F.C., SILVA, R.H. de, BONOW, C. de W., MOREIRA, H.L. **Geologia**. *In*: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).
- SPERA, S. T. **Solos areno-quartzosos no Cerrado: características, problemas e limitações de uso**. Planaltina/DF: EMBRAPA Cerrados, 1999. 48 p.
- SUERTEGARAY, D. *et al.* **Atlas da arenização** – Sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001. 85p.
- VEIGA, M. & WILDNER, L.P. **Manual para la instalacion y la conducion de experimento de perdida de suelos**. Santiago, FAO, 1993. (Documento de Campo).
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537).
- WISCHMEIER, W.H., JOHNSON, C. B., CROSS, B. B. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. **J. Soil and Water Cons.**, Fairmont, W. Va., n. 26. 1971. p. 189-193.

Capítulo 4/Artigo 4
RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA DEGRADADA SOBRE NEOSSOLOS
QUARTZARÊNICOS ÓRTICOS NO SUDOESTE GOIANO:
SOBREVIVÊNCIA, DIÂMETRO E ALTURA DE 22 ESPÉCIES ARBÓREAS

Antunes, E. C.¹⁷

RESUMO

Este experimento objetivou testar a recuperação de uma área degradada com pastagem sobre NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico em Serranópolis, Goiás. Foram acompanhados por 24 meses a sobrevivência, diâmetro à altura do solo e altura médios, em quatro períodos sazonais e acumulados, de 588 mudas de 22 espécies arbóreas. Sete tratamentos foram testados: testemunha, bagaço-de-cana, calcário, NPK+Ca e três adubações verdes com leguminosas. Perdas em sobrevivência e reduzidos incrementos ocorreram nos períodos secos, enquanto que nos períodos chuvosos as sobrevivências se mantiveram e os incrementos foram maiores e proporcionais entre as espécies. As maiores médias de altura e DAS final ocorreram em *P. gonoacantha*, *Q. grandiflora*, *B. longiflora* e *A. peregrina*. Dentre todos os tratamentos, *C. mucunoides* obteve as maiores alturas médias finais, à exceção do tratamento NPK + Ca, bem com os maiores DAS médios finais do experimento. Ao tratamento *S. guianensis* associaram-se as menores médias máximas finais de parâmetros biométricos e as menores sobrevivências. Para a maioria das espécies não houve relação direta entre condição sucessional e sobrevivência e parâmetros biométricos.

PALAVRAS-CHAVE: recuperação de áreas degradadas, NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos, sobrevivência, diâmetro à altura do solo, altura.

ABSTRACT

This experiment aims to test the recovery of a degraded pasture area on sandy soils at Serranópolis, Goiás State, Central Brazil. For 24 months, along four sazonal and cummulative periods, we have registered survival, medium height and ground-height diameter of 588 seedlings of 22 tree species. Seven treatments were set: control, bagaasse of sugar-cane, calcar, NPK+Ca and three green fertilizations with legumens. Losses in survival and short increases ocurred in dry seasons, while in rainy seasons survivals were maintained and increases were higher and proportional within species. Higher medium height and ground-height diameters occurred in *P. gonoacantha*, *Q. grandiflora*, *B. longiflora* and *A. peregrina*. Within treatments, *C. mucunoides* obtained higher medium final heights, excepting NPK + Ca, and the higher medium ground-height diameters. Treatment *S. guianensis* pointed the shorter final media for bimetrical parameters and survival. For most species there was not direct relation between succetional condition and survival and bimetrical parameters.

KEYWORDS: degraded areas recovery, sandy soils, survival, ground-height diameter, height.

¹⁷ Discente do Programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás.

1 INTRODUÇÃO

Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (RQo) são comuns nas superfícies quase planas ou suave onduladas do Domínio Morfoclimático do Cerrado. São solos de baixa aptidão agrícola, com deficiências de fertilidade, boa drenagem e moderada a alta susceptibilidade à erosão. Quando desprovidos de cobertura vegetal ou mal manejados, degradam-se facilmente.

A cobertura do solo com vegetação reduz sua susceptibilidade à erosão hídrica por intensificar a ciclagem de nutrientes e a concentração de matéria orgânica no sistema solo-planta. No Cerrado, estes aspectos são particularmente dependentes da vegetação. Em RQo, a substituição da vegetação nativa pelo uso agropastoril intenso limita sobremaneira estes efeitos de regulação hídrica e de reciclagem biológica de nutrientes, ocasionando alterações em suas propriedades físicas e perda de seu conteúdo nutricional orgânico e mineral.

No estado de Goiás, a região com maior extensão de RQo é o Sudoeste, em parte da bacia do rio Verde, onde os RQo são formados a partir de arenitos da Formação Botucatu (Triássico) da Bacia Sedimentar do Paraná. O histórico regional de uso do solo nas últimas duas décadas inclui alguns ciclos de culturas anuais e, em seguida, a formação de pastagens, que gradualmente adquirem feições de degradação.

Os prejuízos causados pela degradação de RQo no Sudoeste Goiano não são apenas econômicos, mas também ambientais e sociais. Eles incluem erosões lineares e extensos areais, que correspondem a depósitos de areia mobilizada pelo escoamento superficial das águas pluviais, favorecendo o assoreamento dos recursos hídricos e a perda de áreas agricultáveis.

As alternativas de recuperação dessas áreas incluem práticas simples e acessíveis de manejo para sua revegetação, preferivelmente com espécies arbóreas, tendo em vista sua posição em sucessão ecológica e seu potencial de exploração sustentável. Se a revegetação for auxiliada por tratamentos para a reabilitação do solo, a fixação dos areais pode ser mais eficaz.

Neste sentido, este trabalho objetivou testar a recuperação, por meio de práticas vegetativas, de uma área degradada com pastagem sobre RQo em Serranópolis, no Sudoeste de Goiás. Foram testados sete tratamentos com plantio de mudas de 22 espécies arbóreas, nativas ou ecologicamente adaptadas ao Cerrado. Suas médias de sobrevivência, altura e diâmetro à altura do solo (DAS) foram registradas por 24 meses, abrangendo duas estações secas e duas chuvosas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi instalado na bacia hidrográfica do córrego Panela, tributário da bacia do córrego Retiro Velho, que aflui ao ribeirão das Pedras. O ribeirão é afluente de terceira ordem da margem direita do rio Verde, na porção goiana da bacia do rio Paranaíba. Politicamente, situa-se na parte central do município de Serranópolis, no Sudoeste Goiano (Figura 1). O clima da região é do tipo Aw de acordo com a classificação de Köppen. A região se encontra sobre a Formação Botucatu, litologicamente representada por arenitos róseos e avermelhados, dispostos em estratificação cruzada de pequeno a grande porte e usualmente silicificados (SOUZA JR. *et al.*, 1983).

Na bacia do ribeirão das Pedras as altitudes variam de 550 a 800 m. O relevo se apresenta ondulado e compõe parte do Domínio do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná (MAMEDE *et al.*, 1983). A área situa-se em uma grande extensão de RQo (EMBRAPA, 1999), que envolve parte do município de Serranópolis e várias bacias hidrográficas formadoras do rio Verde.

A cobertura vegetal original da região se constituía de fitofisionomias da formação savânica, em sua maioria de Cerrado Sentido Restrito Ralo e, secundariamente, os tipos Típico e Denso (RIBEIRO & WALTER, 1998). Ocorriam também estreitas faixas florestais ripárias e pequenos enclaves de campos limpos úmidos e sujos. As formações de Cerrado Sentido Restrito Ralo e Típico são equivalentes em RADAMBRASIL (1983) à Savana Arborizada, e a de Cerrado Denso, à Savana Florestada.

Os RQo dominam amplamente as bacias dos córregos Panela, Retiro Velho e são parte expressiva do ribeirão das Pedras. Nesta última bacia ocorrem também manchas de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA), NEOSSOLO LITÓLICO (RL), LATOSSOLO VERMELHO (LV) e GLEISSOLO MELÂNICO (GM) como mostra a Figura 1.

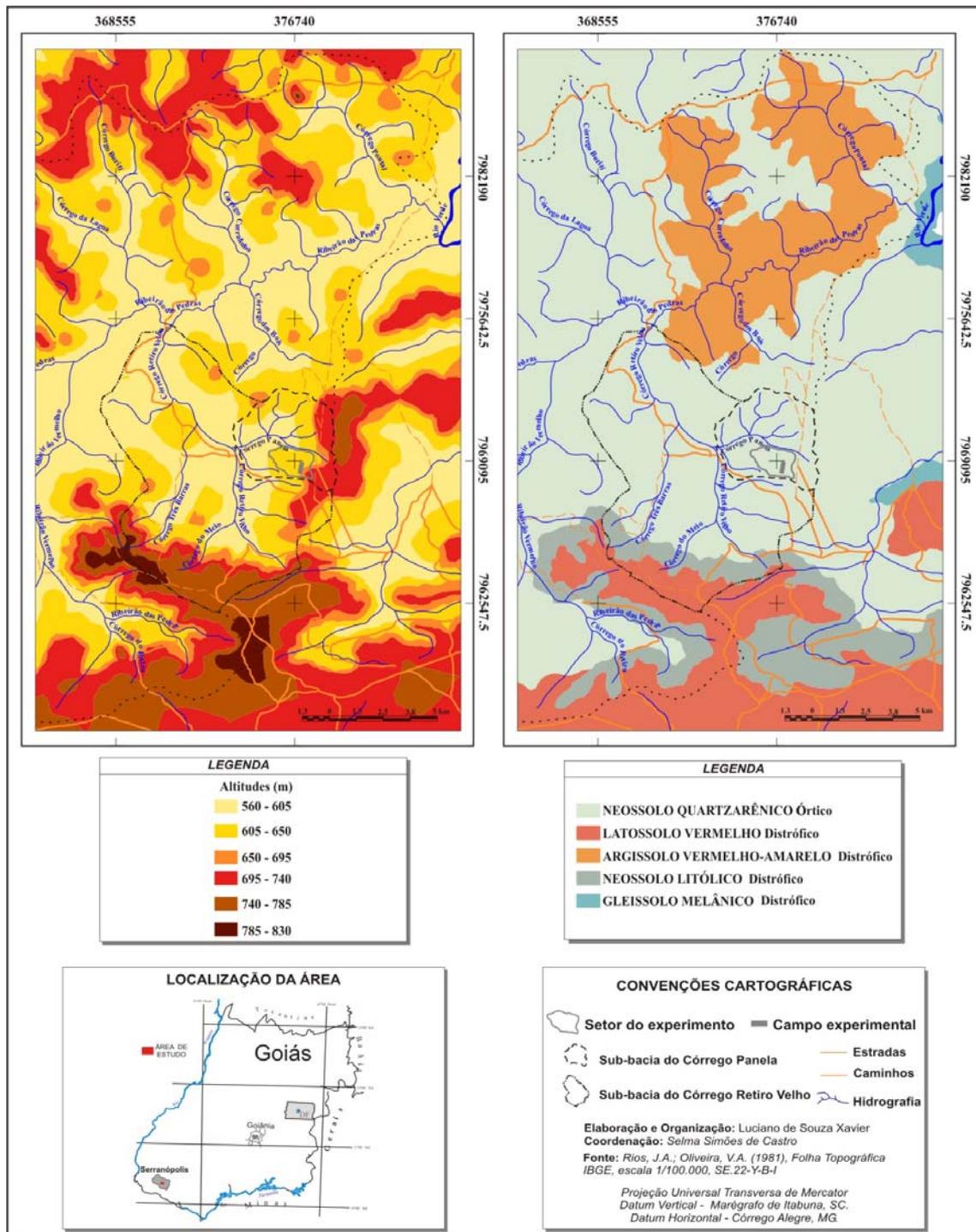


Figura 1. Mapa de localização, solos e hipsometria das bacias dos córregos Panela e Retiro Velho.

Na bacia do córrego Panela o relevo apresenta-se plano e forma uma rampa retilínea com declividade máxima de 3%. O campo experimental ocupa uma área de 14.000 m² na Fazenda Pedras, com epicentro nas coordenadas UTM 22 0377062 E e 7971289 N e altitude de 679 m. Foi desmatado em 1982 para plantio de cana-de-açúcar. Em 1987 foi cultivado com arroz e, no ano seguinte, convertido em pastagem de

braquiária (*Brachiaria ruziziensis*). Atualmente é utilizado para pastoreio de bovinos à razão de 0,5 a 0,7 unidade animal.hectare⁻¹.

Há desnudamento de solo na maior parte da área, com manchas de distribuição rarefeita e diâmetro de aproximadamente 1 m formadas por *B. ruziziensis*, espécies ruderais e algumas espécies nativas herbáceas. Ocorrem localmente processos erosivos laminares eólicos e lineares e redução da fertilidade química. Não há estruturas de controle de drenagem nem banco de sementes de espécies nativas no solo. Desde sua conversão, o campo experimental não sofreu qualquer manejo, o que redundou no atual estágio de degradação e de limitada capacidade de resiliência (Figura 2).

2.2 DESENHO EXPERIMENTAL

A definição dos tratamentos foi feita tendo em vista produtos passíveis de uso como fertilizantes, corretivos ou condicionadores de solo, e também facilmente disponíveis na região. Foram configurados seis tratamentos e testemunha. Em dois tratamentos foi buscada a disponibilização e reposição de nutrientes por adição química. Em outros quatro foi privilegiada a incorporação de matéria orgânica do solo.

Foi feita análise de parâmetros físico-químicos nos horizontes coluvial, Ap e AC dos solos, com amostras colhidas em trincheiras abertas, uma para cada tratamento, além da testemunha. Foram obtidas mensurações para granulometria (argila, silte e areia), matéria orgânica, pH (CaCl₂), P (Mel), K, Ca, Mg, H+Al, Al, CTC, M, V, Ca/Mg, Mg/K, Ca/K, Ca/CTC, Mg/CTC e K/CTC, segundo os métodos propostos por EMBRAPA (1997).

Os tratamentos com correção e/ou adubação química foram Calcário e NPK na formulação 4:14:8 (4% de NO₃, 14% de P₂O₅ e 8% de K₂O) acrescido de Ca. Estas adubações químicas são de uso quase generalizado no Cerrado. Os tratamentos para incorporação de matéria orgânica do solo compreendem adubação orgânica e condicionamento do solo com bagaço de cana-de-açúcar e cobertura verde com as leguminosas *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes guianensis*, cultivar mineirão.

O campo experimental foi locado transversalmente à vertente esquerda da bacia do córrego Panela, em seu terço superior, sobre RQo degradado, recoberto por areais móveis com pastagem degradada, em condições similares de cobertura por *B. ruziziensis*. Os tratamentos foram ordenados paralelamente entre si, em sete áreas de

120 m² (30 x 40 m), mantendo-se uma faixa de 2 m de afastamento entre si e nas laterais (Figuras 3 e 4).



Figura 2. Vista geral da vertente em que foi implantado o experimento, mostrando rampa plana e reduzida cobertura vegetal.

Figura 3. Detalhe do campo experimental, mostrando cerca, tratamentos, mudas plantadas e regeneração natural.

As dosagens e formas de distribuição de cada tratamento no campo experimental são expostas na Figura 4 e na Tabela 1. Foi instalado também um pluviômetro de campo na extremidade direita inferior da área correspondente ao tratamento testemunha.

Tratamento I	Tratamento II	Tratamento III	Tratamento IV	Tratamento V	Tratamento VI	Tratamento VII
Bagaço de cana-de-açúcar	NPK + Ca	Calcário	Testemunha	<i>C. cajan</i>	<i>C. mucunoides</i>	<i>S. guianensis</i>
84 mudas 22 espécies	84 mudas 22 espécies	84 mudas 22 espécies	84 mudas 22 espécies	84 mudas 22 espécies	84 mudas 22 espécies	84 mudas 22 espécies

Pluviômetro de Campo

Figura 4. Arranjo dos tratamentos no campo experimental.

As 22 espécies arbóreas testadas são expostas na Tabela 2. Elas foram selecionadas tendo em vista seu potencial de produtos e serviços ambientais e sua condição sucessional típica. Como potencial de produtos e serviços ambientais foram considerados a recuperação de áreas degradadas e formas de uso fitoterápico, alimentício, madeirável e ornamental (ALMEIDA *et al.*, 1998; FAO, 1994). Como condição sucessional típica foram consideradas espécies pioneiras, secundárias ou climássicas (LORENZI, 1998, 2002). Foram utilizadas 84 mudas em cada tratamento,

sendo 21 de *Caryocar brasiliense* e três de cada uma das demais 21 espécies, totalizando 588 mudas no desenho experimental.

Tabela 1. Tratamentos implantados no campo experimental.

Tratamento	Produto utilizado	Dosagem	Unidade	Distribuição
I	bagaçõ de cana-de-açúcar	1.800	m ³ .ha ⁻¹	cobertura
II	NPK 4:14:8 + Ca	800	kg.ha ⁻¹	a lanço
III	calcário	3,5	t.ha ⁻¹	a lanço
IV	Testemunha	-	-	-
V	<i>Cajanus cajan</i>	230	kg sementes.ha ⁻¹	a lanço
VI	<i>Calopogonium mucunoides</i>	120	kg sementes.ha ⁻¹	a lanço
VII	<i>Stylosanthes guianensis</i>	45	kg sementes.ha ⁻¹	a lanço

Tabela 2. Espécies testadas, produtos e serviços ambientais e condição sucessional típica.

Família	Nome científico	Nome comum	PS ¹⁸	CS ¹⁹
CARYOCARACEAE	<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	pequi	A M R	C
MIMOSACEAE	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Matr.) Macbride	angico monjolo	R	P
ANACARDIACEAE	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. Allem	aroeira	M R	C
FABACEAE	<i>Dipteryx alata</i> Vog.	baru	A M R	C
ANACARDIACEAE	<i>Anacardium othonianum</i> Rizzini.	caju do cerrado	A R	C
STERCULIACEAE	<i>Sterculia striata</i> St. Hil & Naud.	chichá	M A R O	S
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl	ipê tabaco	M O R	S
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC	jacarandá mimoso	M O R	S
MELIACEAE	<i>Swietenia macrophylla</i> R.A. King.	mogno	M R	E
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	murici	A R	C
MIMOSACEAE	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speng.	angico vermelho	M F R	S
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	ipê branco	O R	S
BIGNONIACEAE	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. Ex. DC.	ipê verde	O R	P
CAESALPINACEAE	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex. Heyne	jatobá do cerrado	M F A R O	C
CAESALPINACEAE	<i>Bauhinia longiflora</i> (Bong.) Steud.	unha de vaca	F R	P
CAESALPINACEAE	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaíba	M F R O	C
VOCHYSIACEAE	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	pau terra folha larga	F O R	P
MYRTACEAE	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	cagaita	A O M R	C
SOLANACEAE	<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.	lobeira	F R	P
MORACEAE	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Tréc.	mama cadela	F R	C
APOCYNACEAE	<i>Hancornia speciosa</i> Gomez	mangaba	A F R	C
FLACOURTIACEAE	<i>Casearia rupestre</i> Eichler	fruta de jacu	A F R M	P

As mudas foram produzidas em viveiro a partir de sementes coletadas na região.

Após quebra de dormência, quando necessário, as sementes foram plantadas diretamente em embalagens plásticas de 0,017 m³, em número de três por embalagem.

¹⁸ PS: (Produtos e serviços): F: fitoterápico, A: alimentício, M: madeirável, O: ornamental, R: recuperação.

¹⁹ CO (Condição sucessional): C: climássica, P: pioneira, S: secundária, E: exótica ecologicamente adaptada ao Cerrado.

O substrato utilizado foi composto por 15% de esterco bovino curtido, 35% de areia de granulometria média e 50% de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distroférico. Não houve adubação complementar ou de cobertura durante o processo, de modo similar ao natural.

Após a germinação, foi feito raleamento para um indivíduo por embalagem. Para o uso final de 588 indivíduos do experimento, foram produzidas inicialmente 2.828 mudas. A seleção foi baseada em critérios fitossanitários, ausência de brotações laterais e homogeneidade do porte. A produção de mudas foi realizada entre maio de 2002 e fevereiro de 2003.

Em torno do campo experimental, foram implantados cerca de arame liso reforçada, para evitar circulação de animais domésticos, e aceiros, para prevenção de queimadas. Nenhum preparo de solo precedeu o plantio, de forma a que se produzissem as menores alterações possíveis na área. O plantio ocorreu em fevereiro de 2003. O espaçamento de plantio foi 3 x 3 m, com perfuração de cova no tamanho do torrão da muda (aproximadamente 15 cm de diâmetro e 25 cm de profundidade). A operação de plantio foi manual e não foi realizada irrigação das mudas.

Durante 30 dias após o plantio foi monitorada a sobrevivência das mudas, com sua reposição apenas neste período. A fase experimental se estendeu de março de 2003 a maio de 2005, durante a qual as atividades de manutenção restringiram-se ao combate a formigas.

2.3 LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES

Os parâmetros biométricos levantados por período durante a fase experimental foram sobrevivência de mudas, altura e DAS, mensurados com régua e paquímetro. Foram realizadas cinco mensurações, espaçadas no tempo segundo a sazonalidade pluviométrica. A primeira mensuração foi feita após o plantio (março de 2003), a segunda ao final da primeira estação seca (setembro de 2003), a terceira ao final da primeira estação chuvosa (abril de 2004), a quarta, ao final da segunda estação seca (outubro de 2004) e a quinta, ao final da segunda estação chuvosa (maio de 2005). Foram também executadas escavações laterais à raiz pivotante de mudas de *C. brasiliensis* aos 12 e 18 meses nos tratamentos NPK+Ca, testemunha, *C. mucunoides* e bagaço de cana-de-açúcar.

As 22 espécies do experimento foram objeto de análise de sobrevivência percentual. Os resultados das medições de altura e diâmetro à altura do solo (DAS) foram analisados tendo em vista um delineamento experimental por blocos incompletos com blocagem *a posteriori*. O processamento estatístico foi baseado em análises de variância (ANOVA) e correlação pelo coeficiente de Pearson com o *software The SAS System*. O procedimento estatístico permitiu a comparação entre tratamentos para a espécie *C. brasiliense* e o estabelecimento de contrastes entre as demais espécies e *C. brasiliense* por tratamento.

Para o procedimento estatístico foram utilizados os sete tratamentos com 22 espécies, desdobrados em 41 blocos, 132 parcelas, 4.320 observações, onde *C. brasiliense* foi testemunha e as demais espécies foram complementos das parcelas. A diferenciação entre tratamentos por espécie foi constatada em *C. brasiliense*. Para esta espécie foram testadas 18 a 20 mudas por tratamento, suficientes para detectar diferenças estatisticamente significativas nos resultados de espécies dentro de cada tratamento.

O delineamento experimental aplicado, a condição de blocagem *a posteriori* e a quantidade de repetições de cada espécie dentro dos tratamentos restringem a comparação de resultados entre tratamentos para as demais espécies, em que foram testadas apenas três mudas por tratamento. Nesta condição, foi possível apenas a comparação interespecífica interna a cada tratamento. São indicadas também as principais diferenças numéricas entre os tratamentos para algumas das espécies. Ainda que não confirmadas estatisticamente, estes resultados numéricos podem sugerir possíveis futuros experimentos com maior quantidade de repetições.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O perfil do RQo degradado no campo experimental é ilustrado nas Figuras 5 e 6. As características de cada horizonte do solo são mostradas nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Granulometria de solos em 3 horizontes no campo experimental.

Horizonte	Profundidade (cm)	Argila (%)	Silte (%)	Areia fina (%)	Areia grossa (%)
Areal	0 a 2/5	9	4	64	23
Ap	2/5 a 18/28	8	3	62	27
AC	18/28 a 70/85	8	3	62	27
C1		8	3	60	29

O solo do campo experimental no tratamento testemunha caracteriza-se como área degradada sobre RQo, em face de apresentar concentrações de nutrientes, pH e demais indicadores de fertilidade abaixo dos níveis mínimos indicados por EMBRAPA (1999), à exceção de matéria orgânica e CTC no horizonte coluvial.

Tabela 4 Características químicas de solos em 3 horizontes no tratamento Testemunha.

Horizonte	Profundidade (cm)	MO %	pH	P	K	Ca	Mg	H	Al	CTC	V
				mg.dm ⁻³		cmolc.dm ⁻³					%
Areal	0 a 2/5	8,0	3,8	8,5	0,3	4,0	2,0	26	4,0	3,6	17
A	2/5 a 18/28	6,0	3,5	6,0	0,3	3,0	2,0	20	6,0	3,1	16
AC	56 a 66	5,0	3,8	3,0	0,2	2,0	2,0	19	5,0	2,8	14
C1	138 a 148	3,0	3,9	1,2	0,2	2,0	1,0	11	5,0	1,9	16

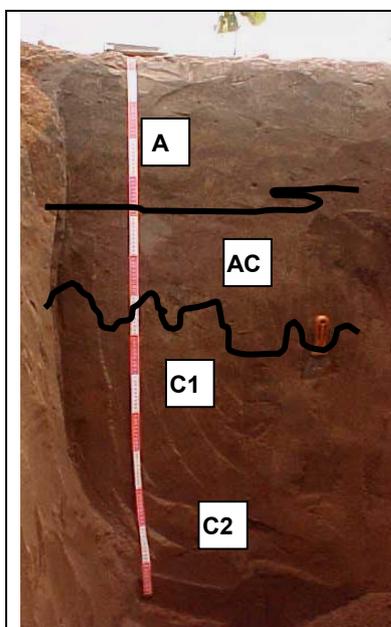


Figura 5. Perfil de solo no tratamento testemunha mostrando horizontes amostrados.



Figura 6. Detalhe de perfil de solo no tratamento Testemunha mostrando depósito arenoso superficial.

Trata-se de um solo muito profundo, com mais de 2 m de profundidade, essencialmente quartzoso, com elevada macroporosidade e reduzida microporosidade. Cabe lembrar que a área superficial das partículas de areia é menor que a das partículas de argila. Estas condições definem as propriedades de elevada macrodrenagem dos RQo (SPERA, 1999). A CTC efetiva é baixa e pouco maior apenas no horizonte coluvial.

Os dados da Tabela 04 confirmam a afirmação de Spera (1999) e Reatto *et al.* (1998) de que são solos pobres em nutrientes para as plantas e com elevada acidez. Os teores de Ca, Mg, K e Na são muito baixos. Conseqüentemente, a saturação de bases é

também muito baixa. Os teores de P são muito baixos, confirmando as citações de Adamoli *et al.* (1986), Spera (1999) e Reatto *et al.* (1998) para condições similares.

As condições locais e da bacia do córrego da Panela corroboram a susceptibilidade dos RQo a processos erosivos, por sua textura arenosa e por sua baixa capacidade de agregação de partículas (SPERA, 1999; REATTO *et al.*, 1998). Quando desestabilizados, podem dar origem a focos de erosão (CORRÊIA *et al.*, 2002).

3.2 SOBREVIVÊNCIA POR ESPÉCIE

A sobrevivência percentual das espécies ao longo do período é representada na Figura 7 e na Tabela 5. Das 588 mudas plantadas, 332 ou 56,46% chegaram ao final do experimento. Nenhuma das 22 espécies testadas alcançou 100% de sobrevivência ao final do período. As espécies de maior sobrevivência percentual ao final do experimento foram *P. gonoacantha* e *M. urundeuva* (90,48%), seguidas por *D. alata*, *S. striata* e *B. longiflora* (85,71%). Destacam-se os desempenhos desfavoráveis de *H. speciosa* (14,29%), *E. dysenterica* (9,52%) e *C. rupestre* (zero) ao final do experimento.

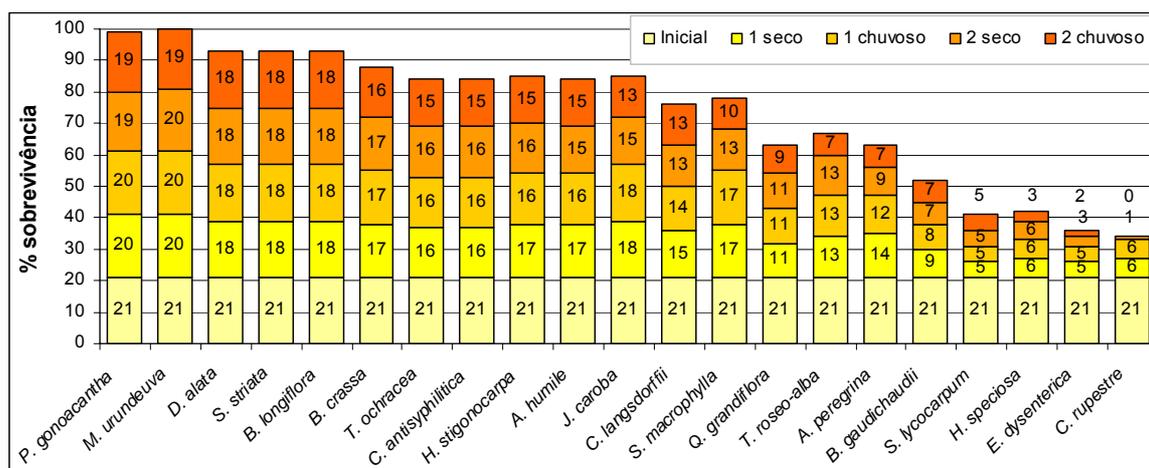


Figura 7. Sobrevivência absoluta e percentual de 21 espécies arbóreas por período.

A perda de indivíduos se concentrou no 1º período seco (183 mudas) e secundariamente nos 2º períodos chuvoso e seco. Destaca-se como grupo de menor sobrevivência no 1º período chuvoso *S. lycocarpum*, *H. speciosa*, *E. dysenterica* e *C. rupestre*, com perdas entre 15 e 16 indivíduos por espécie. No 1º período chuvoso foram perdidas apenas oito mudas. Das 32 mudas perdidas no 2º período seco, as espécies de menor sobrevivência foram *C. rupestre* (cinco indivíduos) e *S. macrophylla* (quatro indivíduos). Das 33 mudas perdidas no 2º período chuvoso, as espécies de menor

sobrevivência foram *T. roseo-alba* (seis indivíduos), *S. macrophylla* e *H. speciosa* cada uma (três indivíduos cada uma).

Tabela 5. Sobrevivência absoluta e percentual das 22 espécies arbóreas por período.

Espécie	Sobrevivência absoluta por período					%
	Inicial	1º seco	1º chuvoso	1º seco	1º chuvoso	
<i>P. gonoacantha</i>	21	20	20	19	19	90,48
<i>M. urundeuva</i>	21	20	20	20	19	90,48
<i>D. alata</i>	21	18	18	18	18	85,71
<i>S. striata</i>	21	18	18	18	18	85,71
<i>B. longiflora</i>	21	18	18	18	18	85,71
<i>B. crassa</i>	21	17	17	17	16	76,19
<i>T. ochracea</i>	21	16	16	16	15	71,43
<i>C. antisiphilitica</i>	21	16	16	16	15	71,43
<i>H. stigonocarpa</i>	21	17	16	16	15	71,43
<i>A. othonianum</i>	21	17	16	15	15	71,43
<i>J. caroba</i>	21	18	18	15	13	61,90
<i>C. langsdorffii</i>	21	15	14	13	13	61,90
<i>S. macrophylla</i>	21	17	17	13	10	47,62
<i>Q. grandiflora</i>	21	11	11	11	9	42,86
<i>T. roseo-alba</i>	21	13	13	13	7	33,33
<i>A. peregrina</i>	21	14	12	9	7	33,33
<i>B. gaudichaudii</i>	21	9	8	7	7	33,33
<i>S. lycocarpum</i>	21	5	5	5	5	23,81
<i>H. speciosa</i>	21	6	6	6	3	14,29
<i>E. dysenterica</i>	21	5	5	3	2	9,52
<i>C. rupestre</i>	21	6	6	1	0	0
<i>C. brasiliense</i>	147	109	107	96	88	59,86
Total	588	405	397	365	332	56,46

Não se constataram relações diretas entre a condição sucessional de cada espécie e sua sobrevivência percentual. Tanto entre as espécies de maior quanto de menor sobrevivência, ocorrem pioneiras, secundárias e climáticas. Assim, diferenças entre os comportamentos de sobrevivência são atribuíveis à disponibilidade hídrica e à insolação, que atingiram indiscriminadamente espécies de diversos estágios sucessionais.

No 1º período seco as perdas foram mais expressivas e são associáveis em parte à idade das mudas em campo, em que o sistema radicular ainda não estava plenamente estabelecido. Isso corrobora conclusões de Haridasan (1997) de que, em condições de recuperação após queimada no cerrado, quase toda a água utilizada pela vegetação é retirada de profundidades de até 1,5 m. Em áreas não perturbadas, cerca de 25% da água utilizada pela vegetação é extraída de profundidades superiores a 1,5 m. De fato, as perdas menores e semelhantes nos períodos seco e chuvoso posteriores sugerem que as

raízes já estavam estabelecidas e outros fatores concorreram à mortalidade nestes períodos.

Uma razão adicional para a mortalidade dos indivíduos nos períodos secos é a insolação acentuada que se apresenta no campo experimental. Leles *et al.* (2000) avaliaram a sobrevivência de plantas de *Hymenaea courbaril* aos 6, 12, 24 e 36 meses após o plantio a pleno sol e em mata secundária degradada, no interior fluminense. Das mudas a pleno sol, apenas 25% e 15% sobreviveram aos 6 e 12 meses após o plantio, respectivamente. Sob linhas de enriquecimento, a sobrevivência foi igual ou superior a 80%.

Dentre os tratamentos testados, aquele que se associou à menor sobrevivência foi *S. guianensis*, em que 13 das 22 espécies testadas chegaram ao final da fase experimental com zero indivíduo. Os tratamentos *C. cajan*, bagaço de cana-de-açúcar e *C. mucunoides* tiveram respectivamente cinco, seis e sete espécies com zero indivíduo ao final da fase experimental. Os tratamentos testemunha e NPK + Ca tiveram quatro espécies com zero indivíduo ao final do experimento, enquanto o tratamento calcário acusou zero indivíduo ao final do período apenas em *C. rupestre* e *Q. grandiflora*.

S. macrophylla teve perdas semelhantes nos 2º períodos seco e chuvoso. Ronquim *et al.* (2003) compararam a sobrevivência inicial de *S. macrophylla* no sub-bosque de um plantio de *Pinus* sp. e em uma pastagem degradada. Após 3 meses, no final do período de chuvas, houve 100% de mortalidade na pastagem degradada. Os autores atribuíram os resultados ao sombreamento do solo de sub-bosque e a seus valores de P, matéria orgânica e CTC em relação ao solo da pastagem degradada. Aparentemente, *S. macrophylla* se ressentiu da insolação e das condições de deficiência nutricional também neste experimento.

C. brasiliense teve apenas 59,86% de sobrevivência no período experimental. De um total inicial de 147 mudas, houve perda de 38 mudas no 1º período seco, 11 mudas no 2º período seco e 8 mudas no 2º período chuvoso. Os tratamentos com maiores perdas finais de indivíduos da espécie foram *S. guianensis* (16 perdas) e *C. mucunoides* (13 perdas). A maior sobrevivência da espécie foi constatada com bagaço de cana-de-açúcar (5 perdas). No tratamento testemunha houve 10 perdas.

3.3 RELAÇÕES DE *C. brasiliense* COM OUTRAS ESPÉCIES

Da busca por informações silviculturais resulta que, à exceção de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., são raras as espécies florestais cujos níveis críticos de nutrientes são

conhecidos, assim como sua relação com as características do substrato em que crescem. Informações sobre exigências nutricionais de espécies florestais nativas são escassas e bastante diferenciadas, principalmente para espécies arbóreas nativas do Cerrado (Rosa, 2004).

C. brasiliense foi tomado como referência para comparação com o desenvolvimento das demais espécies, em face de sua adaptabilidade ao ambiente indicada por Naves (1999), que destaca grande frequência natural desta espécie em relação a outras frutíferas nativas em RQo e outros solos com teores nutricionais muito baixos e com teores de Al acima do normal. Cabe ressaltar que o desempenho em sobrevivência relativamente discreto de *C. brasiliense* no experimento não confirma esta indicação.

Confirmando a necessidade de produção de dados espécie-específicos de nutrição, a ANOVA indica diferenças significativas na altura e DAS médios entre *C. brasiliense* e as demais espécies, em cada medição. No que diz respeito à altura média, estas diferenças estiveram associadas a tratamentos ($p = 0,0399$), períodos de medida ($p < 0,0001$) e à associação de tratamentos e espécies ($p = 0,0073$). Para DAS médio, as diferenças significativas refletem os tratamentos ($p < 0,0001$), períodos de medida ($p < 0,0001$) e a associação de tratamentos por espécie ($p < 0,0001$).

3.4 ALTURA E DAS EM *C. brasiliense* POR PERÍODO E TRATAMENTO

C. brasiliense apresentou crescimento em altura e DAS constantes em todos os períodos e tratamentos. No 1º período seco o incremento foi discreto em todos os tratamentos, em face do pequeno porte do sistema radicular e do *stress* de pegamento em campo. De forma geral, houve proporcionalmente maior crescimento nos períodos chuvosos. No 2º período seco, à exceção do tratamento com *C. mucunoides*, ocorreu maior incremento em relação ao 1º período seco, principalmente nos tratamentos com NPK, *C. cajan* e *S. guianensis*.

Exceções cabem ao tratamento com calcário, em que houve crescimento em DAS médio tendendo à uniformidade a partir do 1º período seco, ao tratamento NPK + Ca no 2º período chuvoso, em que houve pequeno crescimento em altura média. Nos tratamentos com *C. cajan* e *S. guianensis* houve menor diferença de crescimento em altura média dentre os 2º períodos seco e chuvoso. Por outro lado, as perdas de indivíduos nestes tratamentos foram expressivas.

As maiores médias de altura e DAS ao final do experimento (2º período chuvoso) aconteceram nos tratamentos NPK + Ca (altura média de 92,27 cm e DAS médio de 3,23 cm) e no tratamento bagaço de cana-de-açúcar (altura média de 80 cm e DAS médio de 2,71 cm). As menores alturas médias a partir do 1º período chuvoso ocorreram no tratamento calcário, em que se obteve 53 cm de altura média final. O DAS médio final obtido para o tratamento calcário foi o terceiro menor dentre os tratamentos (2,01 cm). Os menores DAS médios a partir do 1º período chuvoso ocorreram no tratamento *S. guianensis*, em que se obteve DAS médio final de 1,44 cm (Figura 8).

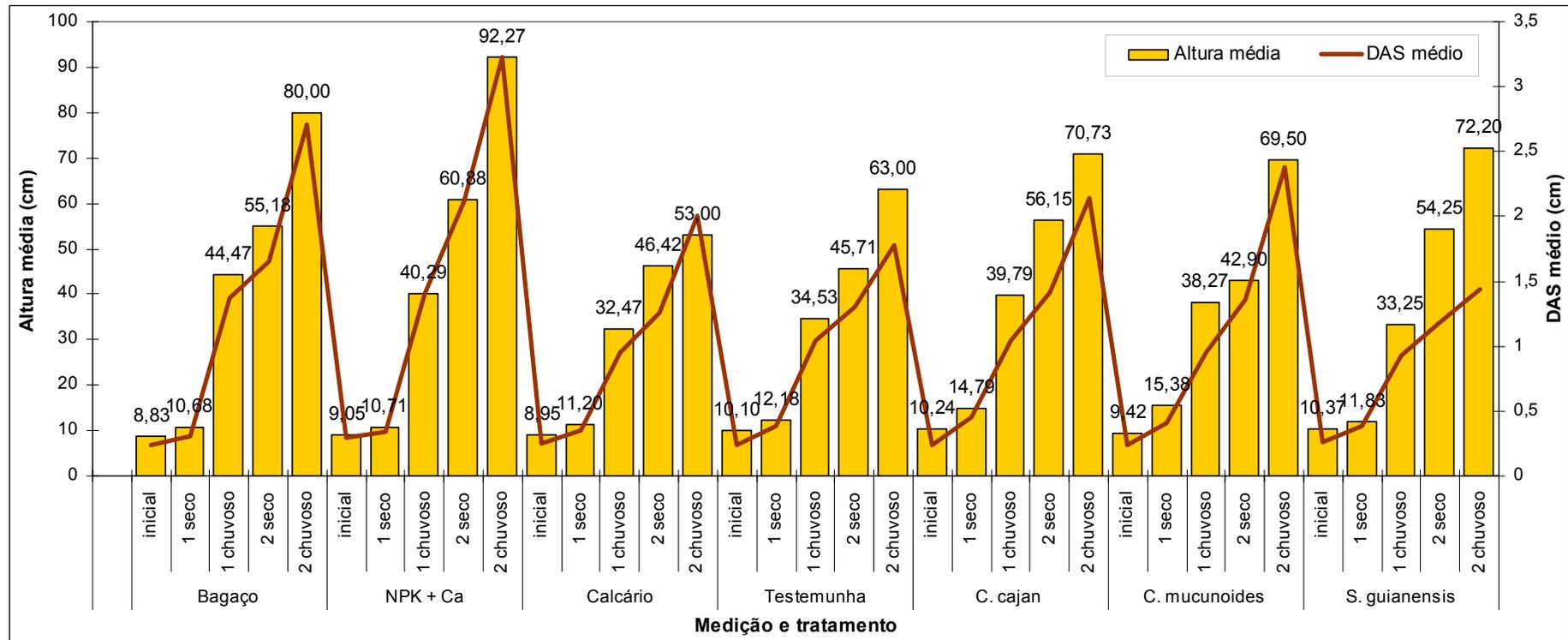


Figura 8. Altura e DAS médios de *C. brasiliense* por período e por tratamento.

O melhor desempenho de *C. brasiliense* no tratamento baseado em adubação química coaduna com as observações de Simpson Junior (2002). Após aplicar tratamentos com Ca, N e P a espécies arbóreas nativas em uma área de Cerrado Típico, o autor constatou que indivíduos de *C. brasiliense* atingiram DAS significativamente maior em tratamentos com Ca e N do que nos demais tratamentos.

Os três tratamentos com cobertura verde apresentaram incrementos semelhantes de altura ao final da fase experimental. O menor DAS médio final ocorreu no tratamento com *S. guianensis*, em que também houve maior mortalidade de mudas. Isto sugere que *C. brasiliense* se mostrou sensível à competição imposta por esta cobertura verde às mudas.

No que diz respeito à busca por água e nutrientes, Haridasan (1997) destaca que até 75% da biomassa de algumas fitofisionomias do bioma Cerrado estão abaixo do nível do solo. De fato, ao final do 1º período chuvoso foram feitas escavações laterais à raiz pivotante de mudas plantadas 12 meses antes, nos tratamentos NPK+Ca, testemunha, *C. mucunoides* e bagaço de cana-de-açúcar. Enquanto a altura média da parte aérea dentre estes tratamentos era de 39,39 cm, o comprimento médio de suas raízes era de 387 cm. A média de incremento da parte subterrânea das mudas foi de 1,1408 cm.dia⁻¹ e seu comprimento médio foi 9,82 vezes maior que a altura média da parte aérea. Aos 18 meses de plantio, as mensurações indicaram mudas com 51,17 cm de altura média e que já apresentavam média de 553 cm de comprimento de raízes, num comprimento da parte subterrânea 10,81 vezes maior que o da parte aérea.

Waisel *et al.* (1999) aponta a formação de mucilagem na superfície da coifa, que atua na lubrificação do ápice da raiz, facilitando a colonização de ambientes compactados. Providencia, também, uma rizosfera favorável à instalação de microorganismos fixadores de N, podendo estar envolvida na ligação de polímeros carregados negativamente aos íons Al⁺³ e na neutralização de seu efeito tóxico.

Estas condições refletem uma maior capacidade de adaptação de *C. brasiliense* a ambientes com solos com limitações de acidez e pH e com presença de Al tóxico, além de se favorecerem da facilidade de penetração das raízes em solos arenosos, aumentando a amplitude dos espaços de busca por água e nutrientes.

Em face destes aspectos, os incrementos de altura e DAS médio e a sobrevivência percentual de *C. brasiliensis* tiveram resultados menos favoráveis no 1º período seco, que encontrou as mudas em fase de implantação de sistema radicular. Entretanto, uma vez que seu crescimento foi pouco afetado pelo 2º período seco, o efeito dos tratamentos sobre o incremento das raízes é limitado em maiores profundidades de raízes.

3.5 ALTURA E DAS FINAL EM OUTRAS ESPÉCIES

Quando se comparam todas as espécies entre si, há diferenças significativas de altura média entre tratamentos ($p = 0,0114$), períodos de medida ($p < 0,0001$) e espécies ($p < 0,0001$). Para DAS médio, há diferenças significativas entre tratamentos ($p = 0,0026$), períodos de medida ($p < 0,0001$) e espécies ($p < 0,0001$). Da ANOVA dentro de cada tratamento foram encontradas diferenças significativas de altura e DAS médio entre espécies e medidas ($p < 0,0001$) para todos os tratamentos testados.

A correlação linear de Pearson apontou correlações positivas significativas entre altura e DAS médio das espécies dentro de cada tratamento ($p < 0,0001$). A menor correlação foi constatada para o tratamento bagaço de cana-de-açúcar, com 0,60940. A maior correlação foi constatada para o tratamento *C. mucunoides*, com 0,79013. No tratamento Testemunha a altura e o DAS médio chegaram à correlação de 0,7347, no tratamento NPK+Ca de 0,7183, no tratamento *S. guianensis* de 0,66533, no tratamento Calcário de 0,63123 e no tratamento *C. cajan* de 0,62926.

Para fins de uma análise numérica, a Figura 09 e a Tabela 06 mostram as médias quadráticas mínimas e seus desvios-padrão para altura e DAS nas 22 espécies testadas em toda a fase experimental, independentemente dos tratamentos aplicados. As maiores médias de altura e DAS ocorreram em *P. gonoacantha* (70,09 cm de altura média e 1,59 cm de DAS médio), *Q. grandiflora* (57,22 cm de altura média e 0,88 cm de DAS médio), *B. longiflora* (44,88 cm de altura média e 0,85 cm de DAS médio) e *A. peregrina* (38,00 cm de altura média e 0,85 cm de DAS médio). Em *C. brasiliense* ocorreu o 2º maior DAS médio (0,96 cm) mas não houve crescimento proporcional em altura.

Das quatro espécies de maior altura média, três são pioneiras e uma é secundária em sucessões ecológicas. Entretanto, em termos de DAS médio, a presença da climássica *C. brasiliense* como segunda espécie com maior média restringe associações entre os parâmetros biométricos e a condição sucessional de cada espécie. De fato, dentre as

quatro espécies de menores médias de altura e DAS final, figuram duas climássicas e duas pioneira. Os resultados restringem as possibilidades de associação de exigências nutricionais à posição de cada espécie em sucessão ecológica.

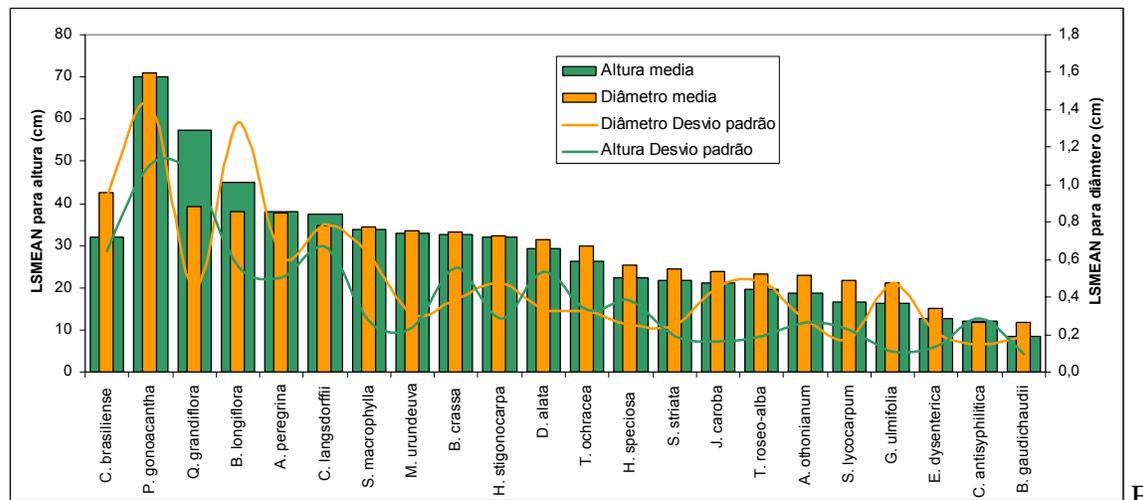


figura 9. Médias quadráticas mínimas e desvio padrão de altura e DAS médios das 22 espécies ao final do experimento.

P. gonoacantha foi a espécie de maior sobrevivência e parâmetros biométricos. Por outro lado, *E. dysenterica* encontra-se entre as espécies de menor sobrevivência e parâmetros biométricos. Para as demais espécies não houve correlação numérica entre sobrevivência e parâmetros biométricos finais dentre as espécies.

Tabela 6. Médias quadráticas mínimas e desvio padrão de altura e DAS médios das 22 espécies ao final do experimento.

Espécie	Altura		DAS	
	Média quadrática mínima	Desvio padrão	Média quadrática mínima	Desvio padrão
<i>P. gonoacantha</i>	70,09	49,26	1,59	1,43
<i>Q. grandiflora</i>	57,22	46,20	0,88	0,44
<i>B. longiflora</i>	44,88	25,00	0,85	1,33
<i>A. peregrina</i>	38,00	22,28	0,85	0,62
<i>C. langsdorffii</i>	37,47	29,72	0,78	0,79
<i>S. macrophylla</i>	33,87	12,11	0,78	0,63
<i>M. urundeuva</i>	32,97	10,50	0,75	0,31
<i>B. crassa</i>	32,55	24,72	0,75	0,39
<i>H. stigonocarpa</i>	31,98	12,66	0,73	0,48
<i>C. brasiliense</i>	31,93	28,80	0,96	0,93
<i>D. alata</i>	29,25	23,94	0,70	0,34
<i>T. ochracea</i>	26,17	14,81	0,67	0,33
<i>H. speciosa</i>	22,23	17,02	0,57	0,25

<i>S. striata</i>	21,66	8,31	0,55	0,25
<i>J. caroba</i>	21,09	7,34	0,54	0,46
<i>T. roseo-alba</i>	19,70	8,54	0,52	0,48
<i>A. othonianum</i>	18,82	11,78	0,52	0,28
<i>S. lycocarpum</i>	16,55	10,11	0,49	0,18
<i>C. rupestre</i>	16,30	4,74	0,47	0,48
<i>E. dysenterica</i>	12,73	6,07	0,34	0,21
<i>C. antisiphilitica</i>	12,07	12,54	0,27	0,15
<i>B. gaudichaudii</i>	8,59	4,10	0,26	0,19

3.6 ALTURA E DAS FINAL EM OUTRAS ESPÉCIES POR PERÍODO E TRATAMENTO

As Figuras 10 a 16 a seguir ilustram as diferenças estatisticamente significativas em médias de altura e DAS para as espécies, internamente a cada tratamento testado. No tratamento testemunha, *Q. grandiflora* foi a espécie de maior altura e DAS médios finais (134 cm e 3,50 cm respectivamente). Destaca-se também a altura média final de *C. langsdorffii* (105,50 cm) e *P. gonoacantha* (86,66 cm). As menores alturas médias finais couberam a *J. caroba* (18,50 cm), *A. othonianum* (21 cm) e *T. roseo-alba* (25 cm). As tendências em altura média final se fixaram a partir do 1º período chuvoso (Figura 10).

No que tange ao DAS médio final, destacam-se também *B. crassa* (3,03 cm), *S. lycocarpum* e *C. antisiphilitica* (ambas com 2 cm). Os menores DAS médios finais couberam a *T. roseo-alba* (0,70 cm), *T. ochracea* (0,70 cm) e *M. urundeuva* (0,80 cm). Não se observaram tendências em DAS ao longo dos períodos, à exceção de *Q. grandiflora*. Nenhum indivíduo de *E. dysenterica*, *B. gaudichaudii*, *H. speciosa* e *C. rupestre* atingiu a fase final do experimento no tratamento testemunha.

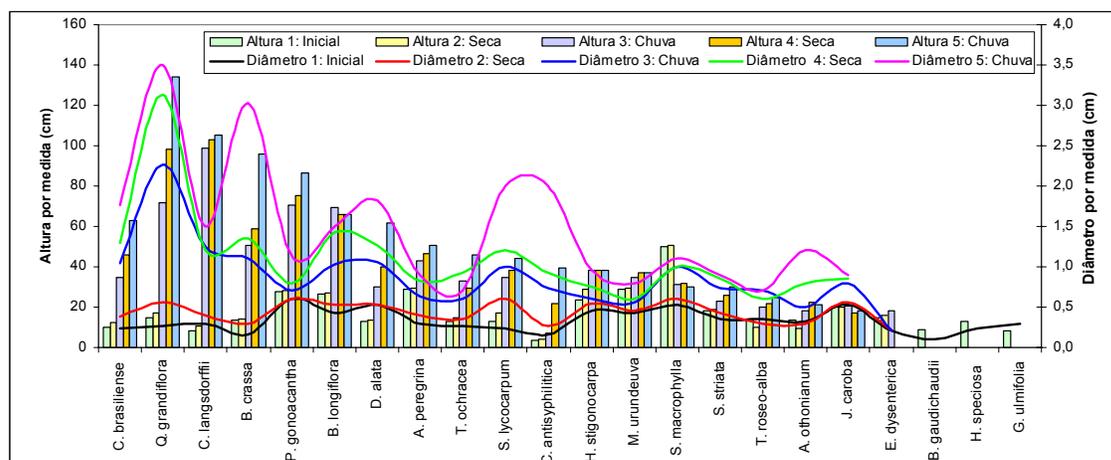


Figura 10. Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento testemunha.

No tratamento bagaço de cana-de-açúcar, *C. brasiliense* foi a espécie de maior altura média (80 cm) e DAS médio (2,70 cm) ao final do experimento, seguida por *P. gonoacantha* em altura média final (79 cm) e *D. alata* em DAS médio final (1,80 cm). Este padrão biométrico se manteve desde o 1º período chuvoso até o final do experimento (Figura 11).

C. langsdorffii, *B. crassa* e *H. stigonocarpa* apresentaram padrões de crescimento em altura e DAS médios semelhantes entre si ao final do experimento no tratamento bagaço de cana-de-açúcar (de 57,33 a 55,33 cm de altura e de 1,20 a 1,40 mm de DAS em médias finais). Entretanto, estes padrões variaram por período, em que espécies diferentes tiveram maiores médias de altura (*M. urundeuva* e *H. speciosa*) e DAS (*S. macrophylla*, *J. caroba* e *A. othonianum*).

As menores alturas médias finais no tratamento bagaço de cana-de-açúcar ocorreram em *C. antisiphilitica* e *B. gaudichaudii* (19,33 cm e 10,75 cm, respectivamente). Esta última espécie também teve o menor DAS médio final (0,40 cm), ao lado de *S. macrophylla* (0,75 cm). Nenhum indivíduo de *A. peregrina*, *H. speciosa*, *E. dysenterica*, *C. rupestre*, *T. roseo-alba* e *Q. grandiflora* atingiu a fase final do experimento no tratamento.

Avaliando os efeitos de diferentes coberturas sobre dunas litorâneas degradadas pela mineração, Barroso (1994) apontou o bagaço de cana-de-açúcar associado ao solo de mata como condição mais efetiva na melhoria da fertilidade e na retenção de umidade. Este efeito não foi verificado por Cunha *et al.* (2003) na recuperação de dunas de areia no litoral paraibano após mineração. Para os autores, a adição do produto em áreas irrigadas gerou acomodamento dos sistemas radiculares, que feneceram após a supressão de irrigação. Este efeito pode estar associado ao desempenho discreto de altura e DAS médio final das espécies neste tratamento.

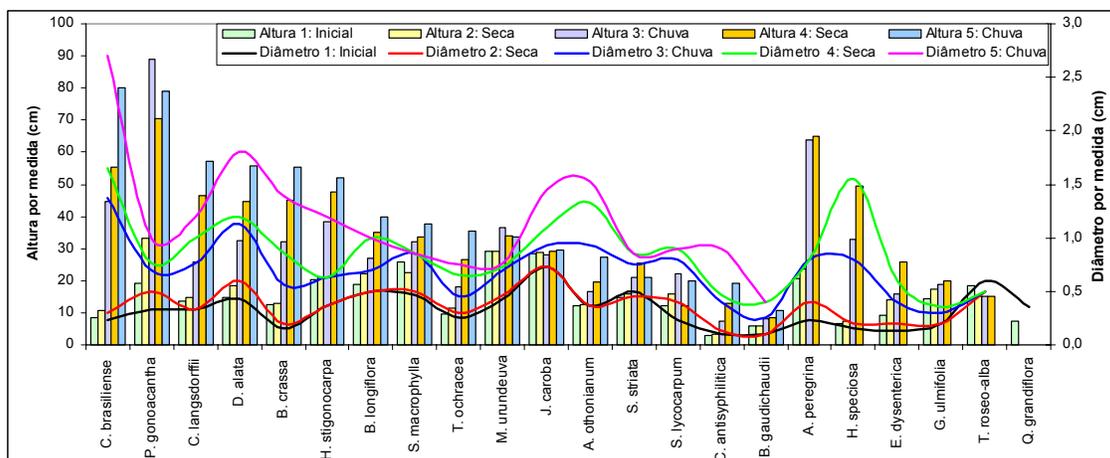


Figura 11. Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento bagaço de cana-de-açúcar.

Grandes médias de altura e DAS ocorreram para algumas espécies no tratamento NPK + Ca. *C. brasiliense* manteve o maior DAS médio desde o 1º período chuvoso e obteve o segundo maior DAS médio final (3,27 cm), tendo sido suplantado por *Q. grandiflora*. A espécie não se destacou em altura média nos períodos anteriores, tendo alcançado 92,27 cm ao final do experimento (Figura 12).

P. gonoacantha manteve a maior altura média no tratamento NPK + Ca desde o início do experimento, tendo atingido ao final 174 cm. Esta condição pode estar associada ao grande porte inicial das mudas neste tratamento relativamente às demais espécies. *P. gonoacantha* manteve também o segundo maior DAS médio desde o 1º período chuvoso, chegando ao final do experimento com 1,63 cm, em que foi suplantado por *B. crassa* (2,90 cm) e *A. othonianum* (1,65 cm). *B. crassa* manteve a segunda maior altura desde o 1º período chuvoso (100 cm ao final). *Q. grandiflora* teve expressivo crescimento no 2º período chuvoso, tendo atingido ao final do experimento 155 cm e 3,5 cm de altura e DAS médios, respectivamente.

As menores alturas médias finais no tratamento NPK + Ca ocorreram em *S. lycocarpum*, *T. roseo-alba* e *C. antisiphilitica* (12 cm, 15 cm e 16,50 cm, respectivamente). *T. roseo-alba* também teve o menor DAS médio final (0,40 cm), ao lado de *M. urundeuva* (0,66 cm) e *T. ochracea* (0,70 cm). Estes desempenhos desfavoráveis foram mantidos desde o 1º período chuvoso e podem ser atribuíveis em *C. antisiphilitica* ao pequeno porte inicial das mudas. Nenhum indivíduo de *A. peregrina*,

H. speciosa, *C. rupestre* e *B. gaudichaudii* atingiu a fase final do experimento no tratamento.

No tratamento calcário (Figura 13) as espécies de maior altura média final foram *P. gonoacantha* e *D. alata* (103,33 cm e 90,66 cm, respectivamente). Estas espécies se mantiveram com os melhores desempenhos em altura média desde o 1º período chuvoso.

D. alata manteve também o segundo maior DAS médio ao final do experimento (2,26 cm), superada por *C. langsdorffii* (2,65 cm). Destaca-se também o DAS final de 2 cm para *C. brasiliense*. No que tange ao DAS médio, houve pequena linearidade no crescimento destas espécies ao longo dos períodos. Por outro lado, as menores alturas e DAS médios finais no tratamento calcário couberam a *B. gaudichaudii*, *E. dysenterica* e *H. speciosa* (11 cm a 16 cm de altura e 0,20 a 0,40 cm de DAS). Estes parâmetros desfavoráveis se mantiveram desde o 1º período chuvoso. Nenhum indivíduo de *C. rupestre* e *Q. grandiflora* atingiu a fase final do experimento no tratamento calcário.

No tratamento com *C. cajan* (Figura 14) as maiores alturas médias finais couberam a *P. gonoacantha* (138,33 cm), *Q. grandiflora* (108,33 cm), *B. longiflora* (81,66 cm) e *C. brasiliense* (70,72 cm). *Q. grandiflora* e *C. brasiliense* também atingiram as maiores médias de DAS final (3,63 e 2,13 cm, respectivamente), seguidos de *A. othonianum* (1,63 cm) e *B. longiflora* (1,63 cm).

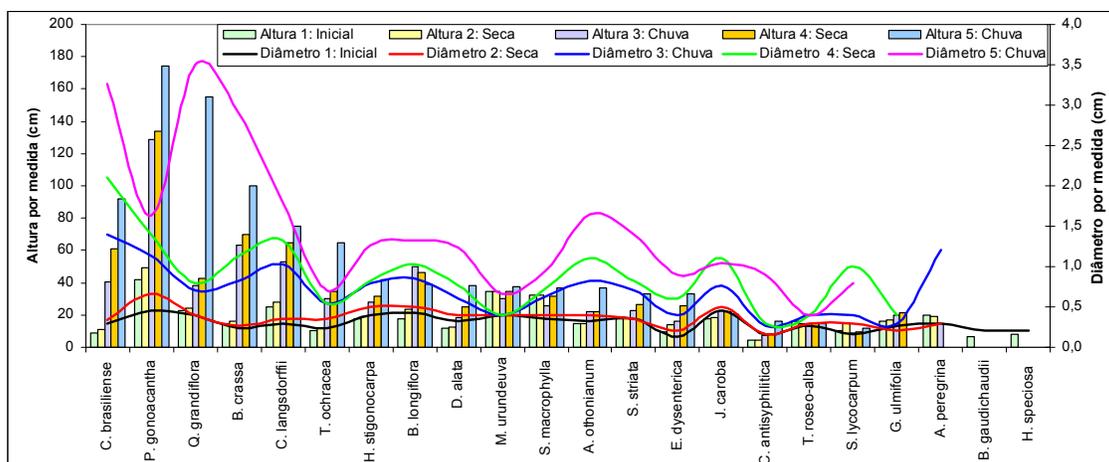


Figura 12. Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento NPK + Ca.

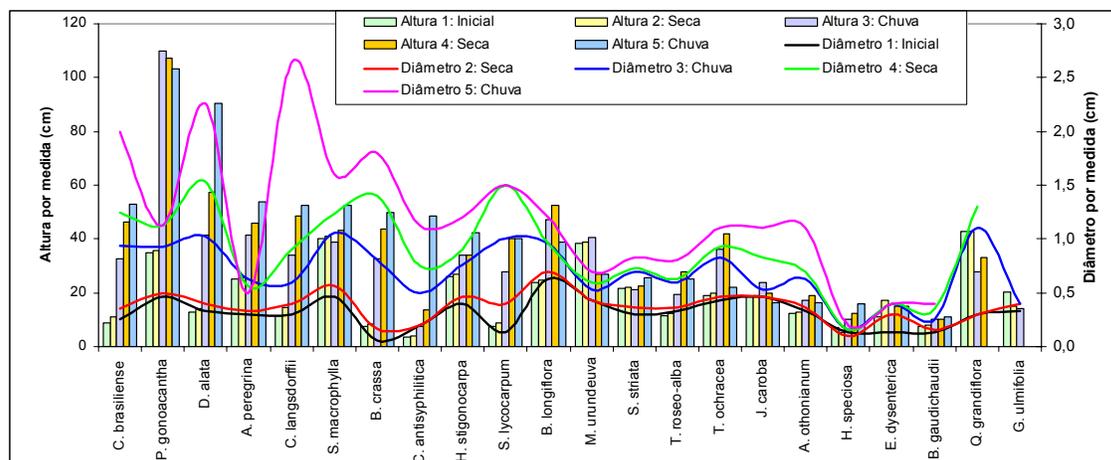


Figura 13. Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento calcário.

Alguma linearidade nas tendências ao longo dos períodos foi observada apenas em *P. gonoacantha* para altura (embora caiba referência à grande altura inicial das mudas no tratamento) e em *Q. grandiflora* para DAS médio.

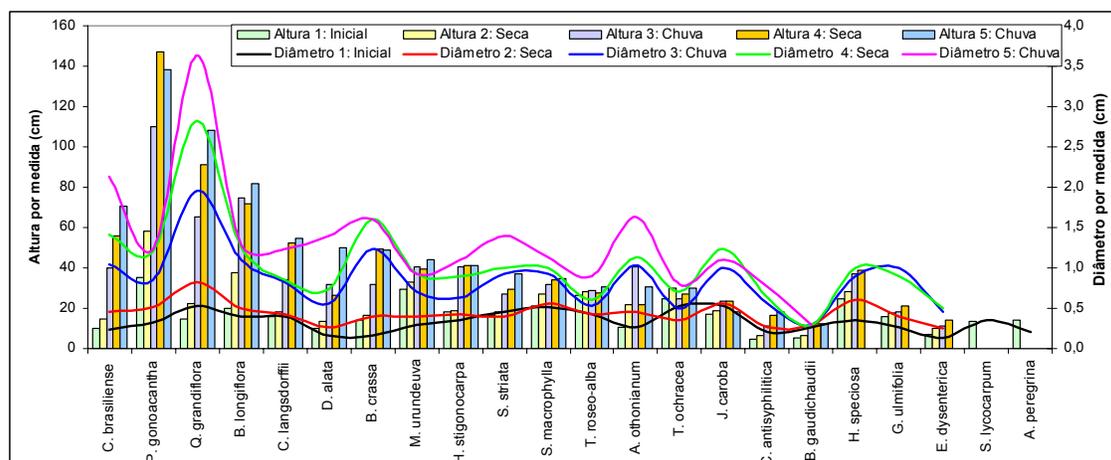


Figura 14. Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento *C. cajan*.

As menores médias finais de altura e DAS médios ocorreram em *C.*

antisiphilitica (18 cm e 0,76 cm respectivamente) e *B. gaudichaudii* (12,50 cm e 0,30 cm respectivamente). Esta última espécie manteve os menores crescimentos no tratamento desde o 1º período seco, mas os valores podem estar associados ao pequeno porte das mudas no plantio. *J. caroba* chegou a altura média final de 18 cm e *T. ochracea*, ao DAS médio final de 0,80 cm. Nas espécies *S. lycocarpum*, *H. speciosa*, *C. rupestre*, *A. peregrina* e *E. dysenterica* nenhum indivíduo atingiu a fase final do experimento no tratamento *C. cajan*.

No tratamento com *C. mucunoides* as maiores alturas e DAS médios finais ocorreram em *Q. grandiflora* (142,50 cm e 3,85 cm respectivamente), seguidos para altura média final por *A. peregrina* (90,50 cm) e *P. gonoacantha* (90,00 cm) e por *C. brasiliense* (2,37 cm) e *H. stigonocarpa* (1,80 cm) para DAS médio final (Figura 15).

As menores alturas e DAS médios finais ocorreram em *B. gaudichaudii* (14,00 cm e 0,40 cm respectivamente), seguidos para altura média final por *J. caroba* (25,50 cm) e *A. othonianum* (34,00 cm) e por *T. ochracea* (0,70 cm) e curiosamente por *A. peregrina* (0,80 cm), para DAS médio final. As espécies com maior e menor altura média foram estabelecidas desde o 1º período chuvoso, bem como *Q. grandiflora*, *C. brasiliense* e *B. gaudichaudii* para DAS médio. Não houve sobrevivência de indivíduos de *S. macrophylla*, *E. dysenterica*, *T. roseo-alba*, *C. antisiphilitica*, *S. lycocarpum*, *C. rupestre* e *C. langsdorffii* na fase final do experimento no tratamento *C. mucunoides*.

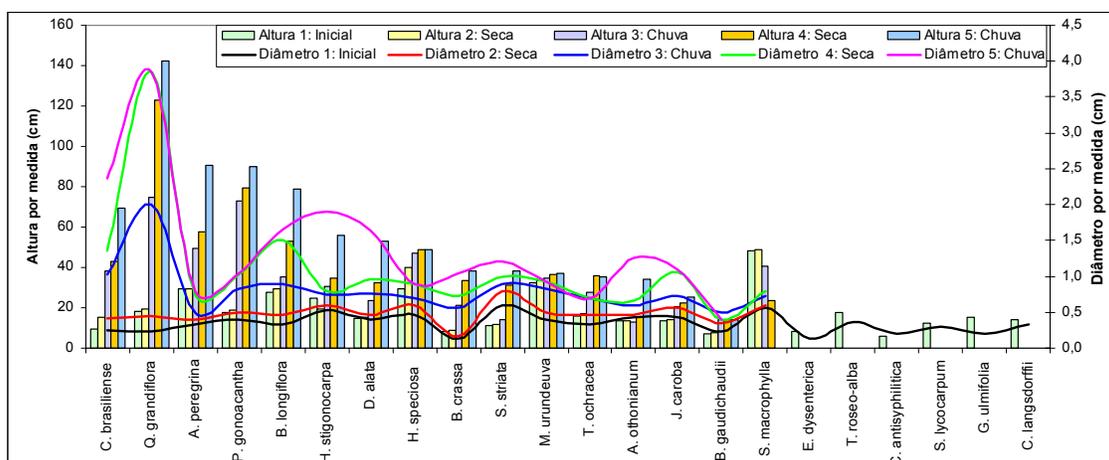


Figura 15. Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento *C. mucunoides*.

As menores médias experimentais finais de altura e DAS ocorreram para algumas espécies no tratamento *S. guianensis* (Figura 16). Dentro do tratamento, as maiores alturas médias finais ocorreram em *B. longiflora* (75,00 cm), *C. brasiliense* (72,20 cm) e *P. gonoacantha* (70,00 cm).

Os maiores DAS médios ocorreram em *C. antisiphilitica* (1,75 cm), *D. alata* (1,70 cm) e também em *C. brasiliense* (1,44 cm). As menores alturas médias finais ocorreram em *A. othonianum* (22,00 cm), *T. roseo-alba* (25,00 cm) e *S. striata* (30,33 cm). Os

menores DAS médios ocorreram também em *P. gonoacantha* (0,50 cm), *T. ochracea* (0,73 cm) e *T. roseo-alba* (0,80 cm).

Das 22 espécies testadas, 13 não tiveram indivíduos que chegaram à fase final do experimento no tratamento com *S. guianensis*. Trata-se de *H. stigonocarpa*, *H. speciosa*, *M. urundeuva*, *B. crassa*, *S. macrophylla*, *C. langsdorffii*, *J. caroba*, *B. gaudichaudii*, *Q. grandiflora*, *S. lycocarpum*, *C. rupestre*, *A. peregrina* e *E. dysenterica*.

As formas de adubação verde alteram atributos físicos e químicos do solo (GODOY *et al.*, 2003; CORRÊA, 1998). Quimicamente, permitem aumento do teor de matéria orgânica, da capacidade de troca de cátions (CTC), da disponibilidade de macro e micronutrientes e substâncias agregantes e estimula a atividade da microbiota edáfica (RONQUIM *et al.*, 2003).

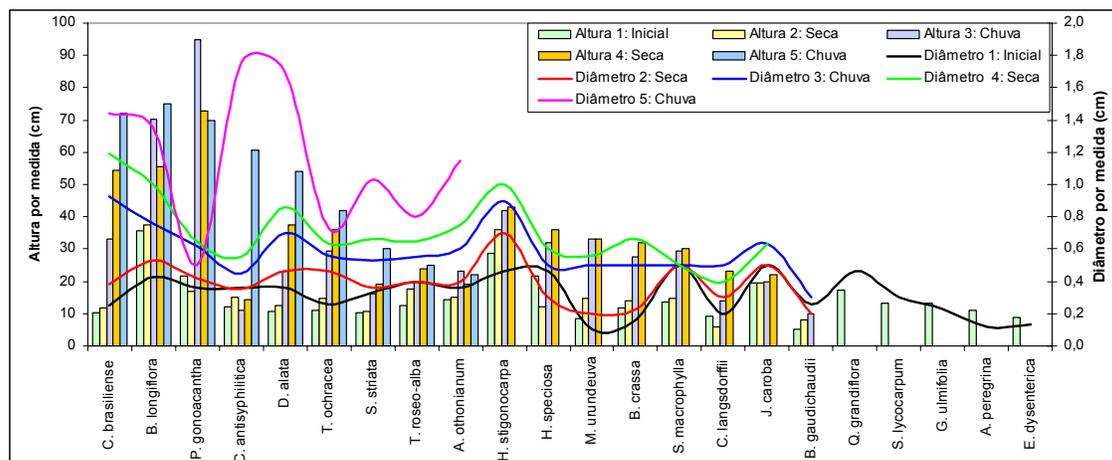


Figura 16. Altura e DAS médios das 22 espécies por período no tratamento *S. guianensis*.

Costa *et al.* (2002) apontam a introdução de leguminosas como alternativa às limitações nutricionais de pastagens no Cerrado, possibilitando incremento de N no sistema, em face da associação simbiótica com *Rhizobium* sp.. Por isso, a adubação verde diminui a demanda de adubação nitrogenada. Segundo DIAS *et al.* (1997), a quantidade de N fixada anualmente por hectare por *C. cajan* é de 168 a 280 kg, por *C. mucunoides* é de 370 a 450 kg e de *Stylosanthes* spp., de 34 a 220 kg (EMBRAPA, 1993).

Fisicamente, o acúmulo de matéria orgânica oportunizado pela adubação verde favorece a formação e estabilização de agregados e a infiltração de água e aeração, diminuindo a densidade aparente e a amplitude de variação térmica dioturna. Para

melhorar atributos físicos do solo na revegetação de áreas degradadas, Rodrigues *et al.* (2003) recomendam associar espécies nativas do cerrado e herbáceas.

As adubações verdes testadas produziram efeitos variáveis dentre as espécies. *C. mucunoides* proporcionou as maiores alturas médias finais à exceção do tratamento NPK + Ca, bem com os maiores DAS médios finais do experimento, que foram constatados em *Q. grandiflora*. Entretanto, ao tratamento com *S. guianensis* associaram-se as menores médias máximas de parâmetros biométricos ao final do experimento, bem como as menores sobrevivências dentre as espécies.

C. mucunoides é uma leguminosa perene de até 60 cm, rápido crescimento, baixa exigência quanto à fertilidade do solo, resistência à seca e elevada disponibilidade no mercado (CAMBRAIA *et al.*, 2003). Ao testar a reabilitação ambiental de áreas de CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico degradadas pela retirada de cascalho em Alterosa/MG, através da revegetação isolada e em consórcio de *B. decumbens* e *C. mucunoides*, Cambraia *et al.* (2003) concluíram que aos 90 dias *C. mucunoides* produziu apenas 8,7% de cobertura do solo. Em consórcio com *B. decumbens* a cobertura foi de 10,2%. Neste experimento, a cobertura do solo relativamente rarefeita pode ter minorado o efeito de competição de *C. mucunoides* com as mudas, oportunizando os bons resultados associados ao tratamento.

S. guianensis cv. mineirão possui teores de proteína entre 12 e 18% e está adaptada a uma ampla variedade de climas. Tem alta capacidade de produção de matéria seca e retenção de folhas verdes sob deficiência hídrica e em solos ácidos e de baixa fertilidade (EMBRAPA, 1993). No campo experimental, a cultivar atingiu altura menor que a da maior parte das mudas, pelo quê não lhes ofereceu concorrência por luz. Por outro lado, parece ter exercido efetiva competição por água e nutrientes já a partir do 1º período seco.

As adubações químicas são de uso quase generalizado no Cerrado, em que as maiores limitações naturais de macronutrientes associam-se a P disponível (DIAS *et al.*, 1997). A resposta das plantas a N só ocorre quando a limitação de P é corrigida. Depois de N, K é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas, como coloca CARNEIRO (1995) sobre a nutrição de mudas de essências florestais.

C. brasiliense, *P. gonoacantha*, *B. crassa* e *Q. grandiflora* reagiram bem ao tratamento baseado em adubação química. A resposta de *C. brasiliense* confirma as conclusões de Simpson Junior (2002). Após aplicar tratamentos com Ca, N e P a espécies arbóreas nativas em um Cerrado Típico, o autor constatou DAS significativamente maior de indivíduos de *C. brasiliense* nos tratamentos com Ca e N.

Por outro lado, os resultados pouco relevantes obtidos pelo tratamento com calcário sugerem que o fator nutricional limitante na área é o aporte de nutrientes e não a neutralização do Al – ou seja, a pequena quantidade de nutrientes na área prepondera sobre sua disponibilidade ou não, como fator limitante.

O mesmo efeito se associa a *P. gonoacantha* e *B. crassa*. Por sua vez, *Q. grandiflora* teve seu crescimento no tratamento com calcário concentrado no 2º período chuvoso. Isto indica menor influência dos nutrientes minerais sobre seu desempenho, que também foi destacado em tratamentos com adubação verde.

Crescimentos negativos em altura média ocorreram indiscriminadamente dentre as espécies, tratamentos e períodos sazonais. No tratamento NPK + Ca ocorreram em *M. urundeuva*, *S. macrophylla*, *S. lycocarpum* e *A. peregrina* no 1º período chuvoso, e com *J. caroba* no 2º período chuvoso. Com bagaço-de-cana-de-açúcar houve redução em *S. macrophylla*, *T. roseo-alba* e *S. lycocarpum* no 2º período seco. Em calcário ocorreu redução em *C. rupestre* no 1º período seco e com *P. gonoacantha*, *J. caroba* e *M. urundeuva* no 2º período seco. Em testemunha houve redução em *J. caroba* no 2º período seco. Em *C. cajan* ocorrem em *B. longiflora*, *D. alata*, *T. roseo-alba*, *A. othonianum*, *M. urundeuva* no 2º período seco. Com *C. mucunoides* ocorrem em *S. stigonocarpa* no 1º período seco e *S. macrophylla* no 2º período seco. Em *S. guianensis* houve redução em *P. gonoacantha*, *H. speciosa* e *C. langsdorffii* no 1º período seco e em *B. longiflora* e *P. gonoacantha* no 2º período seco.

No período chuvoso, os crescimentos negativos em altura média foram associados ao ataque de formigas, que causaram injúrias mecânicas à gema apical. No período seco, foram relacionados à elevada temperatura superficial e ao déficit hídrico, que promovem a chamada “seca de ponteiros”. O elevado número de ocorrências de redução de altura média no 2º período seco do tratamento com *C. cajan* se deve ao ciclo anual desta

cobertura verde, em face do qual a chegada do 2º período seco encontrou as mudas do tratamento destituídas de sua proteção.

Mesmo nas espécies em que não houve redução de altura, a influência deletéria dos períodos secos sobre o crescimento em altura e DAS médios foi evidenciada para a absoluta maioria das espécies, principalmente no 1º período seco, assim como os efeitos sobre sua sobrevivência. De forma geral, houve proporcionalmente maior crescimento nos períodos chuvosos. Isto decorre das condições de insolação e drenagem do campo experimental, do pequeno porte do sistema radicular e do *stress* de pegamento em campo.

Em uma comparação meramente numérica dentre as espécies por tratamento, constata-se que *P. gonoacantha* se destaca entre as espécies com maior altura média final em todos os tratamentos (Figura 17). Foi a espécie com maiores mensurações de altura média nos tratamentos NPK+Ca e calcário. Caracteristicamente, a espécie não esteve entre as maiores médias de DAS final em nenhum tratamento, tendo inclusive se destacado como espécie de menor DAS médio final no tratamento *S. guianensis*. A resposta de *P. gonoacantha* concorda com Renó *et al.* (1993). Através de omissão de nutrientes para *P. gonoacantha* os autores concluíram que P, S e N foram altamente limitantes as crescimento em altura, enquanto K não se mostrou limitante, evidenciando seu baixo requerimento pela espécie.

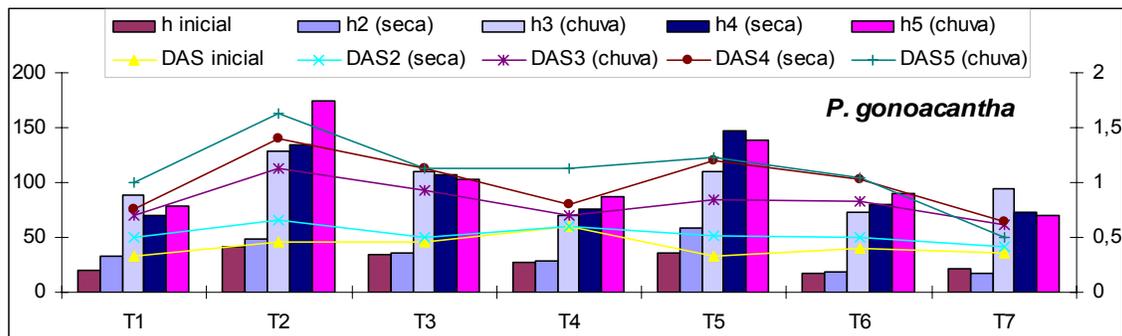


Figura 17. Altura e DAS médios por período e por tratamento em *P. gonoacantha*.

Q. grandiflora esteve entre as maiores alturas médias finais dos tratamentos NPK+Ca e foi a espécie de maiores médias em testemunha, *C. cajan* e *C. mucunoides*. Distintamente de *P. gonoacantha*, a espécie exibiu proporção em DAS e altura média, tendo exibido as maiores médias de DAS final nos mesmos tratamentos (Figura 18).

B. crassa teve médias de altura e DAS final destacadas nos tratamentos NPK+Ca e testemunha, bem como de DAS médio final em *C. cajan*. *C. langsdorffii* teve médias de altura final destacadas nos tratamentos bagaço de cana-de-açúcar e testemunha, e médias de DAS final destacadas no tratamento calcário.

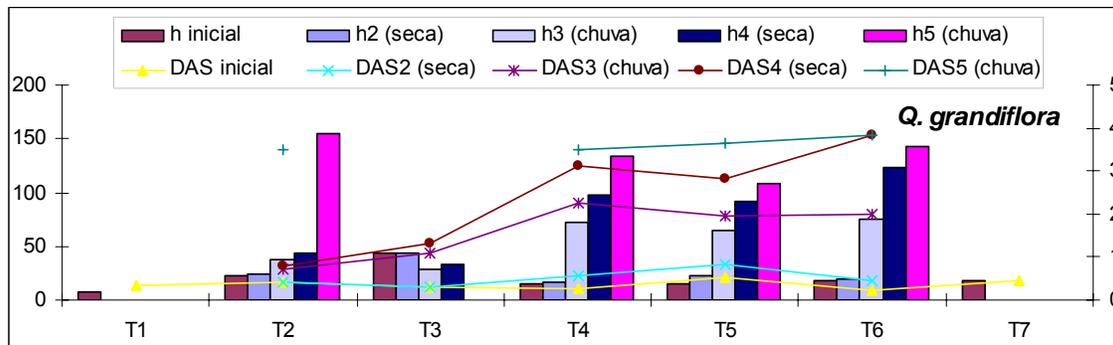


Figura 18. Altura e DAS médios por período e por tratamento em *Q. grandiflora*.

Destaca-se ainda o desempenho de *D. alata* em médias de DAS final nos tratamentos bagaço de cana-de-açúcar, *S. guianensis* e principalmente em calcário, tratamento no qual destacou-se também com média de altura final. Os resultados para *D. alata* indicam crescimento a partir do 1º período chuvoso em todos os tratamentos. O menor desenvolvimento foi constatado em testemunha, com 37,33 cm de altura média final e 0,8 cm de DAS médio final. O maior crescimento foi constatado em calcário, com 90,66 cm de altura média final e 2,26 cm de DAS médio final, demonstrando resposta amplamente positiva à correção de pH do solo. A resposta de *D. alata* à calagem coaduna com as colocações de Dias *et al.* (2000). Em uma área degradada com substrato ácido em Minas Gerais, os autores testaram *D. alata* na revegetação em covas com 100 g de calcário, 150 g de rocha fosfática, 45 g de cloreto de potássio e 2 L de esterco bovino. *D. alata* teve mortalidade de 100% após 16 meses, demonstrando intolerância à acidez.

A. peregrina teve comportamento bastante variável dentre os tratamentos e períodos secos e chuvosos. As maiores alturas médias finais foram obtidas no tratamento com *C. mucunoides* (90,5 cm) e as menores ocorreram nos tratamentos com *S. guianensis* e *C. cajan*, com alturas médias finais de respectivamente 0,11 cm e 0,14 cm. O DAS médio final foi maior em NPK + Ca (1,20 cm).

Os resultados para *A. peregrina* se mostraram menores que os de outros registros experimentais em ambientes diversos. Alvarenga *et al.* (2003) avaliaram o desempenho inicial de *A. peregrina* em um plantio sobre pastagem em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico no interior mineiro sob pH 4.7, matéria orgânica em 2,1 g.dm⁻³, K e m 34 mg.dm⁻³, P em 1 mg.dm⁻³, 47% de areia, 39% de argila e 14% de silte. Os autores usaram adubação NPK na cova 8:28:16 e 200 g de calcário. Aos 4 meses *A. peregrina* apresentou altura média de 118 cm e DAS de 0,84 cm e aos 23 meses, altura média de 164 cm e DAS de 2,56 cm.

A discrepância entre os resultados é atribuível ao fato de que espécies climássicas tolerantes à sombra crescem mais rapidamente que as climássicas exigentes de luz, como é o caso de *A. peregrina* e também de *M. urundeuva* (ALVARENGA *et al.*, 2003). Ainda assim, podem ter comportamentos contrastantes quando plantadas em ambientes diferentes (BOTELHO *et al.*, 1995), pelo quê seus resultados são referência importante. Alvarenga *et al.* (2003) obtiveram menor ritmo de crescimento em altura na seca sazonal em *M. urundeuva* e *A. peregrina*, como ocorreu também neste experimento.

A. othonianum também teve comportamento variável por tratamento. Esteve dentre as espécies de maior DAS médio final em bagaço de cana-de-açúcar e *C. cajan*. Entretanto, destacou-se como espécie de pequena altura média final no tratamento testemunha, em *C. mucunoides* e *S. guianensis*. *T. ochracea* esteve dentre as espécies de menor DAS médio final em todos os tratamentos, à exceção de calcário, e teve pequena altura média final em *C. mucunoides*. Dentre as espécies de menor altura e DAS médio final, destaca-se *B. gaudichaudii* em altura e DAS médio nos tratamentos bagaço de cana-de-açúcar, calcário e *C. cajan* e para DAS médio em *C. mucunoides*. Esta tendência não se manifestou em altura média final.

T. roseo-alba esteve dentre as espécies de menor altura e DAS médio final nos tratamentos NPK+Ca, testemunha e *S. guianensis*. *C. antisiphilitica* também esteve dentre as espécies de menor altura final nos tratamentos bagaço de cana-de-açúcar, NPK+Ca e *C. cajan*, em que também teve pequeno DAS médio final. *M. urundeuva* figurou dentre as espécies de menor DAS médio final nos tratamentos bagaço de cana-de-açúcar, NPK+Ca e testemunha.

J. caroba figurou dentre as espécies de menor DAS médio final nos tratamentos testemunha, *C. cajan* e *C. mucunoides*. Os resultados divergem das indicações de GODOY *et al.* (2003), que avaliaram o comportamento de *Jacaranda mimosaeifolia* em adubação verde em consórcio com *C. mucunoides* e *Crotalaria breviflora* no interior paulista, após plantio com adubação orgânica basal. À ocasião, houve aumento de 72% na altura (223 cm contra 129 cm) e de quase 38% no DAS aos 60 cm (8,43 cm contra 5,24 cm) das plantas sob adubação verde em relação à testemunha.

As respostas em altura e DAS médio aos tratamentos pelas espécies testadas indicam resultados favoráveis ora para adubação química, ora para adubação verde, ora para ambos os tipos de tratamentos. O campo experimental se caracteriza por uma CTC efetiva baixa (pouco maior apenas no horizonte coluvial), o que sugeriria a dependência quase exclusiva da contribuição da matéria orgânica. Não obstante, diversas espécies reagiram indistintamente à nutrição por fontes orgânicas e mineral, ou obtiveram melhores resultados com esta última.

Cunha *et al.* (2003) informa que leguminosas compõem um meio eficiente de acumulação de N em áreas degradadas, em face da associação com *Rhizobium* sp.. Entretanto, Rodrigues *et al.* (2003) não constataram inoculação de *Rhizobium* sp. em condições naturais de desenvolvimento. A influência de parâmetros como alelopatia e disputa por reserva de nutrientes deve também ser avaliada no processo.

Já as poáceas podem se associar a bactérias e fungos micorrízicos, têm rápido crescimento e emitem perfilhamento, resultando em rápida cobertura do solo, embora em face desta intensa ocupação possam comprometer o estabelecimento de outras plantas (CUNHA *et al.*, 2003). Por sua vez, Costa *et al.* (2002) apontaram teores de proteína de 15,50% em *S. guianensis* cv. mineirão com a aplicação de 2,52 t.ha⁻¹ de calcário no primeiro corte e, no segundo corte, teor de 15,83% com 1,6 t.ha⁻¹ de calcário.

Carvalho *et al.* (2001) avaliaram alterações em propriedades físico-químicas de um solo similar coberto há 12 anos por pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* submetido a diferentes reabilitações: calagem de cobertura e com incorporação, com e sem NPK + Zn e Cu. O calcário foi aplicado à dose de 3,6 t.ha⁻¹. N foi aplicado à dose de 70 kg.ha⁻¹, 40 kg.ha⁻¹ de P e 100 kg.ha⁻¹ de K equivalentes. Os tratamentos com calcário alteraram o solo com aumento de pH e da saturação de bases, tamponamento da acidez

trocável e redução da acidez total em 32% por até 20 meses após a aplicação, na camada de 0 a 10 cm. Não houve alterações em profundidades superiores.

7 CONCLUSÕES

O campo experimental é uma área degradada sobre NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos, com alta susceptibilidade à erosão e indicadores de fertilidade muito baixos. Nenhuma espécie testada alcançou 100% de sobrevivência ao final do experimento. As espécies de maior sobrevivência foram *P. gonoacantha* e *M. urundeuva* (90,48%), *D. alata*, *S. striata* e *B. longiflora* (85,7%) e as de menor sobrevivência foram *H. speciosa* (14,3%), *E. dysenterica* (9,5%) e *C. rupestre* (zero). A perda de indivíduos se concentrou no 1º período seco, em que as perdas foram associáveis ao porte ainda pequeno do sistema radicular e ao *stress* de pegamento em campo, e à disponibilidade hídrica e à insolação nos períodos secos. Dos tratamentos, *S. guianensis* se associou à menor sobrevivência.

C. brasiliense teve 59,9% de sobrevivência no período experimental. Houve diferenças significativas na altura e DAS médios entre *C. brasiliense* e as demais espécies, associáveis a tratamentos, período e à associação de tratamentos e espécies. Seu crescimento em altura e DAS foi constante nos períodos e tratamentos. Houve crescimento proporcionalmente maior nos períodos chuvosos. As maiores médias finais de altura e DAS couberam aos tratamentos NPK + Ca e bagaço de cana-de-açúcar, e as menores, ao calcário, indicando que a pequena quantidade de nutrientes prepondera sobre sua disponibilidade como fator limitante na área. Os tratamentos com cobertura verde tiveram altura final semelhante. Aos 18 meses de plantio, a média de comprimento da parte subterrânea das mudas foi 10,81 vezes maior que a da parte aérea.

Quando se comparam todas as espécies entre si, houve diferenças significativas de altura média entre tratamentos, períodos e espécies. Dentro de cada tratamento houve diferenças significativas de altura e DAS médio entre espécies e períodos. Em uma análise numérica, as maiores médias de altura e DAS ocorreram em *P. gonoacantha*, *Q. grandiflora*, *B. longiflora* e *A. peregrina*. *C. brasiliense* teve o 2º maior DAS médio mas não cresceu proporcionalmente em altura. *P. gonoacantha* foi a espécie de maior

sobrevivência e parâmetros biométricos. *E. dysenterica* se encontra entre as espécies de menor sobrevivência e parâmetros biométricos.

No tratamento testemunha, *Q. grandiflora* foi a espécie de maior altura e DAS médios finais. Em bagaço de cana-de-açúcar, *C. brasiliense* foi a espécie de maior altura e DAS médios finais, num padrão biométrico mantido desde o 1º período chuvoso. Grandes médias de altura e DAS ocorreram no tratamento NPK + Ca. *C. brasiliense* obteve o segundo maior DAS médio final, tendo sido suplantado por *Q. grandiflora*. *P. gonoacantha* manteve a maior altura média no tratamento NPK + Ca desde o início do experimento. Em calcário as espécies de maior altura média final foram *P. gonoacantha* e *D. alata*, desde o 1º período chuvoso. *D. alata* teve também o segundo maior DAS médio final, superada por *C. langsdorffii*.

Os efeitos das adubações verdes variaram dentre as espécies. No tratamento com *C. cajan* as maiores alturas médias finais couberam a *P. gonoacantha* e *Q. grandiflora*, que também atingiu o maior DAS médio final. No tratamento com *C. mucunoides* a maior altura e DAS médios finais ocorreram em *Q. grandiflora* desde o 1º período chuvoso. As menores médias experimentais finais de altura e DAS ocorreram no tratamento *S. guianensis*, cuja maior altura média final ocorreu em *B. longiflora* e cujo maior DAS médio final coube a *C. antisiphilitica* (1,75 cm).

Dentre todos os tratamentos, *C. mucunoides* proporcionou as maiores alturas médias finais, à exceção do tratamento NPK + Ca, bem com os maiores DAS médios finais do experimento, que foram constatados em *Q. grandiflora*. Ao tratamento *S. guianensis* associaram-se as menores médias máximas de parâmetros biométricos ao final do experimento, bem como as menores sobrevivências dentre as espécies, tendo exercido competição por água e nutrientes com as mudas já a partir do 1º período seco.

C. brasiliense, *P. gonoacantha*, *B. crassa* e *Q. grandiflora* reagiram bem ao tratamento baseado em adubação química. Os resultados modestos obtidos com calcário sugerem que o fator nutricional limitante no campo experimental é o aporte de nutrientes e não a neutralização do Al. *Q. grandiflora* também teve desempenho destacado em adubação verde. As respostas em altura e DAS médio aos tratamentos pelas espécies testadas indicam resultados favoráveis ora para adubação química, ora para adubação verde, ora para ambos os tipos de tratamentos. A efetividade de leguminosas na

acumulação de N em áreas degradadas. Já as poáceas resultam em rápida cobertura do solo. A influência de parâmetros como alelopatia, competição e disputa por reserva de nutrientes também deve ser avaliada.

Para a maioria das espécies não houve correlação numérica entre sobrevivência e parâmetros biométricos finais. Outrossim, a ausência de relações diretas entre a condição sucessional de cada espécie e sua sobrevivência percentual, altura e DAS médio final restringe qualquer possibilidade de extrapolação de exigências nutricionais a partir da posição de cada espécie em sucessão ecológica. Os resultados experimentais abrem um leque para novas pesquisas sobre consórcios entre leguminosas e destas com gramíneas, complementos com adubações e correções e níveis de sombreamento. A escassez e diferenciação de informações sobre exigências nutricionais de espécies florestais nativas reiteram a necessidade de produção de dados espécie-específicos de exigências nutricionais, forma de provimento de nutrientes, bem como das condicionantes físicas à sobrevivência inicial e ao crescimento das mudas florestais nativas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMOLI, J. *et al.* Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (ed.) **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC/São Paulo: Nobel, 1986. p. 33-74.

ALMEIDA, S. P. PROENÇA, C. B., SANO, S. M., RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina/DF: EMBRAPA/CPAC, 1998.

ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, S. A.; PEREIRA, I. M. Avaliação do crescimento inicial de cinco espécies florestais nativas na região de Lavras, MG. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8, 2003, São Paulo. Benefícios, Produtos e Serviços da Floresta. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 2003. CD ROM.

BARROSO, D.G. **Estudo de alguns atributos químicos e físicos dos substratos utilizados no processo de estabilização de dunas de rejeito resultantes de exploração mineral**. Lavras, 1994. 58 f. Dissertação (Mestrado). ESAL

BOTELHO, S.A., DAVIDE, A.C., PRADO, N. J. S. **Implantação de mata ciliar**. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais. 1995. 28 p.

CAMBRAIA, J.; COUTINHO, L. A. V. S.; SILVA, A. C. Utilização de biossólido na reabilitação ambiental de área degradada por empréstimo de materiais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXIX, 2003, Ribeirão Preto. Anais.* Ribeirão Preto: SBCS, CD-ROM.

CARNEIRO, J. G. A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.

CARVALHO, M. C., S., PICCOLO, M. C., CERRI, C. C., FERNANDES, S. A. P., CORSI, M. Changes in soil physico-chemical properties, and microbial activity in a degraded pasture subjected to rehabilitation practices in Brazil. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LAND DEGRADATION AND MEETING OF THE IUSS SUBCOMMISSION C – SOIL AND WATER CONSERVATION, 3, 2001.* Rio de Janeiro. **Proceedings.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Documentos N° 40, ISSN 1517-2627.

CORRÊA, R. S. Degradação e Recuperação de Áreas no Distrito Federal. *In: CORRÊA, R. S. e MELO FILHO, B. (Org.). Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado.* Brasília: Paralelo 15, 1998. p.13-19.

CORREIA, J. R. *et al.* Solos e suas Relações com o Uso e o Manejo. *In: SOUZA, M. G. e LOBATO, E. Cerrado: Correção do Solo e Adubação.* Planaltina/DF: EMBRAPA Cerrados, 2002. p. 29-79.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; ROSA, B., FARIA, C. D.; CUSTÓDIO, D. P. Avaliação do desenvolvimento e absorção de nutrientes pelo *Stylosanthes guianensis* cv. mineirão sob doses crescentes de calcário em solo do Cerrado. **Ciência Animal Brasileira.** v. 3, n. 2, 2002. p. 13-19.

CUNHA, L. O., FONTES, M. A. L., OLIVEIRA, A. D *et al.* Multivariate analysis of the vegetation as a tool to assess the reclamation of coastal sand dunes after mining in Mataraca, Paraíba, Brazil. **Rev. Árvore.** [online]. July/Aug. 2003, vol.27, no. 4 p.503-515. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622003000400011&lng=en&nrm=iso. Acesso em 02 de Janeiro de 2005.

DIAS, L. E.; BARROS, N. F.; FRANCO, A. A. Fertilidade do solo: nitrogênio. *In: Apostila ABEAS.* Viçosa: UFV, 1997. 35 p.

DIAS, L. E.; CAMPELLO, E. F. C.; RIBEIRO JR., E. S.; MELLO, J. W. V. Reconstrução topográfica e crescimento de leguminosas arbóreas e arbustivas em substrato contendo sulfetos metálicos. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, IV, 2000, Blumenau. Anais.* Silvicultura Ambiental. Blumenau: SOBRADE, 2000. CD ROM.

EMBRAPA – Centro de Pesquisa Agropecuária Cerrados, EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **Recomendações para estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guianensis* cv. mineirão.** Campo Grande, 1993. 6 p.

(EMBRAPA – CPAC. Comunicado Técnico, n. 67; EMBRAPA – CNPGC. Comunicado Técnico, n. 49).

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 4 ed. Rio de Janeiro: SNLSC, 1997.

FAO, PANEL OF EXPERTS ON FOREST GENE RESOURCES, *In: Report of the Eight Session including Forest Genetic Resources Priorities*, Rome, Italy, FAO 1994.

GODOY, A. P. B.; BRÉFERE, F. A. T.; AMBROSANO, E. J.; ROSSETTO, R.; GUIRADO, N.; ARÉVALO, R. A.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; MENDES, P. C. D.; ROSSI, F.; MOTA, B.; BELIZÁRIO, A.; MARTINELLI, F.; LANZONI, A. C.; SAKAI, R. H.; SILVA, P. H. Desenvolvimento do jacarandá-mimoso em consórcio com as leguminosas crotalária e calopogônio. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXIX, 2003, Ribeirão Preto. Anais*. Ribeirão Preto: SBCS, 2003. CD ROM.

HARIDASAN, M., PINHEIRO, A.A.M.C.; TORRES, F.R.R.. Resposta de algumas espécies do estrato rasteiro de um cerrado à calagem e à adubação. *In: LEITE, L.L. SAITO, C. H. (Eds.). Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado*. Brasília: Embrapa, 1997. p.87-91.

LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G.; NOVAES, A. B.; SANTOS, C. E. S. Comportamento de garapa (*Apuleia leiocarpa*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*) plantadas a pleno sol e sob linhas de enriquecimento em mata secundária degradada, no município de Cardoso Moreira, Estado do Rio de Janeiro. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, IV, 2000, Blumenau. Anais*. Silvicultura Ambiental. Blumenau: SOBRADE, 2000. CD ROM.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1, 4 ed., 2002.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2, 1 ed., 1998.

MAMEDE, L., ROSS, J. L. S., SANTOS, L. M. dos, NASCIMENTO, M. A. L. S. do. **Geomorfologia**. *In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE.22, Goiânia*. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

NAVES, R. V.; **Espécies frutíferas nativas dos cerrados de Goiás**: caracterização e influências do clima e dos solos. Goiânia, 1999. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica) Universidade Federal de Goiás.

Projeto RADAMBRASIL. **Vegetação**. Folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

REATTO, A., CORREIA, J.R., SPERA, S. T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. *In*: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1998. p. 47-86.

RENÓ et al. 1993)

RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M. e ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA/CPC, 1998. p. 89-168.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Relação revegetação- atributos físicos do solo em uma área degradada de cerrado. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXIX, 2003, **Anais**. Ribeirão Preto: SBCS, 2003. CD ROM.

RONQUIM, C. C.; CASALI, S. P.; LAURITO, S. F.; NAIME, J. M.; VAZ, C. M. P.; FERREIRA, L. L. Características do solo sob reflorestamento de Pinus como facilitador do desenvolvimento de espécies nativas. *In*: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8, 2003, São Paulo. **Anais**. Benefícios, Produtos e Serviços da Floresta. São Paulo: SBS/SBEF, 2003. CD ROM.

ROSA, N. E. C. do. **Ambientes de ocorrência de Piqui (*Cariocar brasiliense* Camb.) no estado de Goiás**. Goiânia, 2004. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás.

SIMPSON JUNIOR (2002)

SOUZA JÚNIOR, J. J. de; FREIRE, F de A.; OLIVEIRA, F.C.; SILVA, R. H. da; BONOW, C. de W.; MOREIRA, H. L. **Geologia**. *In*: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

SPERA, S. T. **Solos areno-quartzosos no Cerrado: característica, problemas e limitações de uso**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 1999.

WAISEL *et al.* (*apud* REZENDE, 1998)

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, RQ, têm características morfológicas e analíticas que lhes conferem baixa aptidão agrícola. Há, entretanto, moderada aptidão para pastagens, desde que bem manejadas, ou seja, em nível tecnológico bom. Ressalva-se sua elevada susceptibilidade erosiva, dada sua alta erodibilidade e as condições climáticas do Cerrado.

O Sudoeste Goiano apresenta evidências de degradação por arenização de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos, RQo, tanto por perda de sua já baixa fertilidade natural, como pela instalação de processos de erosão hídrica. A maior concentração de RQo na região (15% da área destes solos) se encontra em Serranópolis, onde os mesmos respondem por cerca de 42% dos solos do município, nos quais dominam pastagens de baixa produtividade.

Parte expressiva dos RQo se encontram degradados, e feições erosivas laminares e lineares já são fato notável na região. Uma forma importante de degradação destes solos é a formação de areais esbranquiçados, que constituem depósitos arenosos superficiais concentrados nos terços médio e inferior das encostas, na forma de colúvios, preenchendo sulcos rasos ou assoreando fundos de vale.

A recuperação destas áreas degradadas deve incluir o desenvolvimento de biomassa, a incorporação de matéria orgânica e o controle preventivo da erosão, preferencialmente com práticas edáficas e vegetativas. Devem ser evitadas práticas mecânicas que promovem grande movimento de terra, bem como a instalação de vias preferenciais de escoamento superficial perpendiculares às curvas de nível. Devem ser promovidos o florestamento e níveis adequados de manejo das pastagens locais.

Na bacia do córrego Panela predominam RQo em encostas suaves com declividades de até 6%, em grande parte cobertas por areais. O perfil de solo descrito e analisado indicou presença de 5 cm de areias lavadas cobrindo o horizonte Ap do perfil, aqui interpretadas como depósito coluvial com alto teor de alumínio, provável resultado do uso e manejo do solo em discrepância moderada a alta em relação à sua capacidade.

O RQo do campo experimental tem percentual expressivo de areias finas, pequena concentração de matéria orgânica, elevada macroporosidade, baixa coesão de partículas e

permeabilidade elevada, o que limita muito sua capacidade de reter nutrientes e água e o torna susceptível a processos erosivos como a arenização.

Chuvas a partir de 8 mm por dia puderam desencadear perdas de solo e água, que ocorreram em qualquer condição sob chuvas a partir de 45 mm por dia. A erosividade anual foi de 8.220,83 MJ.mm.ha⁻¹h⁻¹ano⁻¹, dos quais quase 82% se concentram de novembro a março e aproximadamente 4,3% de maio a agosto.

A perda média anual de solo testemunha foi de 4,2315 Mg.ha⁻¹ e teve distribuição bastante desigual nos dois anos da fase experimental, fato atribuível às diferenças de pluviometria. De janeiro a abril em ambos os anos ocorreram pelo menos 79% das perdas de solo. A perda de água foi de aproximadamente 1,3% com pequena diferença entre os anos, tendo se concentrado em pelo menos 79% de dezembro a abril nos dois anos.

As menores perdas ocorreram sob adubações verdes com *S. guianensis*, *C. cajan* e *C. mucunoides*, nesta ordem. A cobertura verde parece ter favorecido a coesão de partículas, o teor de matéria orgânica e a rugosidade da superfície. Em *S. guianensis* o efeito se manteve por mais tempo, posto se tratar de uma cultura semi-perene. Tanto as perdas de solo e água quanto as diferenças de perdas de solo entre o 1º e o 2º períodos chuvosos foram maiores nos tratamentos com bagaço de cana-de-açúcar, NPK + Ca, calcário e testemunha. O PAS acompanha esta tendência.

A condição de degradação com areais, acrescida de indicadores de fertilidade muito baixos no campo experimental, contribuiu a que nenhuma espécie testada tenha alcançado 100% de sobrevivência ao final do experimento. As espécies de maior sobrevivência foram *P. gonoacantha* e *M. urundeuva* (90,5%), *D. alata*, *S. striata* e *B. longiflora* (85,7%) e as de menor sobrevivência foram *H. speciosa* (14,3%), *E. dysenterica* (9,5%) e *C. rupestre* (zero). A perda de indivíduos se concentrou no 1º período seco e o tratamento com *S. guianensis* se associou à menor sobrevivência.

Dentro de cada tratamento houve diferenças significativas de altura e DAS médio entre espécies e períodos. Em uma análise numérica, as maiores médias de altura e DAS ocorreram em *P. gonoacantha*, *Q. grandiflora*, *B. longiflora* e *A. peregrina*. *C. brasiliense* teve o 2º maior DAS médio mas não cresceu proporcionalmente em altura. *P. gonoacantha* foi a espécie de maiores parâmetros biométricos finais.

Os efeitos das adubações verdes variaram dentre as espécies. Com *C. cajan* as maiores alturas médias finais couberam a *P. gonoacantha* e *Q. grandiflora*, que também atingiu o maior DAS médio final. Com *C. mucunoides* a maior altura e DAS médios finais ocorreram em *Q. grandiflora* desde o 1º período chuvoso. As menores médias experimentais finais de altura e DAS ocorreram com *S. guianensis*, cuja maior altura média final ocorreu em *B. longiflora* e o maior DAS médio final, em *C. antisyphilitica*.

Dentre todos os tratamentos, NPK + Ca proporcionou as maiores alturas médias finais, seguido pelo tratamento *C. mucunoides*, que produziu os maiores DAS médios finais do experimento, constatados em *Q. grandiflora*. Ao tratamento *S. guianensis* associaram-se as menores médias máximas de parâmetros biométricos ao final do experimento, bem como as menores sobrevivências dentre as espécies, pelo fato da cobertura verde ter exercido competição por água e nutrientes.

Os resultados apontam a conveniência de se realizar um mapeamento em escala de detalhe dos areais e áreas susceptíveis à arenização, de forma a nortear políticas públicas regionais para a aplicação de esforços de contenção e recuperação. Este trabalho confirma o florestamento, a conservação do solo e a adequação de níveis de tecnificação no manejo das pastagens locais como condições *sine qua non* para a validação destes esforços.

É também fundamental o desenvolvimento de uma base de dados para facilitar e difundir o uso efetivo da EUPS como fator de planejamento e gestão do uso e manejo do solo, bem como de sua conservação. É necessário intensificar a rede regional de monitoramento de dados pluviográficos, produzir e ordenar dados de erodibilidade em parcelas-padrão de Wischmeier & Smith (1978) e buscar adaptações ao bioma regional para os fatores C e P da EUPS.

Os resultados evidenciaram a importância de se buscar um equilíbrio entre as formas de adubação verde, correção e adubação química e o florestamento sobre o fator C no cenário experimental. O tratamento *S. guianensis* teve o melhor desempenho dentre os tratamentos sob o ponto de vista de perdas de solo e água, mas produziu os piores resultados de sobrevivência e crescimento das mudas de espécies arbóreas, às quais impôs competição por água e nutrientes. *C. mucunoides*, por sua vez, permitiu produzir os maiores DAS médios finais do experimento, além de alturas médias e contenção de

perda de solo e água bastante favoráveis. O tratamento NPK + Ca gerou as respostas mais favoráveis em altura média das mudas de espécies arbóreas, mas não se revelou efetivo na contenção de perdas de solo e água. Por si só, a biomassa formada pelo povoamento de espécies arbóreas durante o período experimental, no espaçamento testado, não foi suficiente para garantir uma adequada retenção.

No sentido de depurar técnicas de recuperação de longo prazo das áreas degradadas de RQo, é conveniente mensurar as perdas de solo e água e o PAS do campo experimental nos próximos anos, para uma avaliação dos efeitos da biomassa das espécies arbóreas em crescimento. Mais além, é necessário obter, simultaneamente, resultados ótimos de retenção de perdas, acumulação de matéria orgânica e crescimento de espécies arbóreas.

Neste sentido, propõe-se o teste de combinações de adubação química com formas de adubação verde, preferivelmente com associações de gramíneas e leguminosas. Com relação ao florestamento, convém testar menores espaçamentos e privilegiar espécies que responderam melhor às condições experimentais, como *P. gonoacantha*, *Q. grandiflora*, *B. longiflora*, *A. peregrina*, *C. brasiliense*, *M. urundeuva*, *D. alata* e *S. striata*. Outras espécies com potencial de resposta a este ambiente devem também ser investigadas.

São raros os trabalhos científicos desenvolvidos em recuperação de RQo degradados, como os areais, no trópico sub-úmido. Em nível nacional, os poucos estudos existentes têm sido desenvolvidos em areais do Rio Grande do Sul, em condições climáticas absolutamente distintas das do bioma Cerrado. Confronta-se com esta carência a recente expansão dos areais na região, que vêm proporcionando a perda de capacidade produtiva e restringindo oportunidades de desenvolvimento sustentável para toda a região do Sudoeste Goiano.

Porquanto, é fundamental a realização de pesquisas complementares no sentido de se conter e reverter a formação de areais na região. A par disto, o cultivo anual deve ser francamente desencorajado e restringido sobre áreas de RQo, e pastagens devem ser manejadas em condições adequadas de tecnificação. Esta condição pode ser privilegiada em iniciativas de extensão rural para a otimização do manejo de pastagens e incentivo ao florestamento e a práticas silviculturais, o condicionamento de práticas conservacionistas aos programas de financiamento à produção e à elaboração de um zoneamento ecológico-

econômico para as bacias hidrográficas com percentual expressivo de RQo no estado de Goiás.

Cabem também iniciativas de recuperação e de ampliação dos requisitos legais de áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente sobre RQo, bem como a ampliação de áreas protegidas sobre estes solos e a valorização de formas de uso de seus recursos por comunidades tradicionais. Todas estas proposições vão de encontro à noção de que somente será garantizado o desenvolvimento regional sustentável se o uso e manejo do solo estiverem convergentes com sua capacidade de uso.

BIBLIOGRAFIA

AGETOP/AGMA/UFG-LAPIG/CONSÓRCIO IMAGEM. Definição de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade no Estado de Goiás. Goiânia, 2004 (CD ROM).

ALKABI, O. EGHBAL, M. K. and BASSIRI, M.. Vegetation and soil indices for determining desertification in Ardestan area, Iran. **3rd International Conference on Land Degradation and Meeting of the IUSS Subcommission C – Soil and Water Conservation**. Proceedings... Rio de Janeiro, 2001 (CD ROM).

BALENSIEFER, M., LEAL, E. C., NASCIMENTO, A. C. P. **Vocabulário de termos técnicos para a SOBRADE**. 2005.

BITAR, O.Y., BRAGA, T. de O. O meio físico na recuperação de áreas degradadas. *In*: Bitar, O.Y. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente** (Coord.) São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia/IPT (série meio ambiente) 1995. p165-179

CORRÊA, S.; Degradação e Recuperação de Áreas no Distrito Federal. *In*: Corrêa, R. S.; MELO FILHO, B. (orgs). **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado**. Brasília. Paralelo 15, 1998. p.13-19.

HAGOS, M. G., SMIT, G .N. Soil enrichment by *Acacia mellifera* subsp. *detinens* on nutrient poor sandy soil in a semi-arid southern African savanna. *Journal of Arid Environments*, n. 61, 2005. p. 47–59.

KAGEYAMA, P. et al. Revegetação de áreas degradadas: modelos de consorciação com alta diversidade. *In*: **Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas – SINRAD**, 1994.

LOUMETO, J. J., HUTTEL, C. **Understory vegetation in fast growing tree plantations on savanna soils in Congo**. *Forestry Ecology and Management*, n. 99, 1997. p. 65-81.

SABRAH, R.E.A., GOHNEIM, M.F., ABD EL-MAGID, H.M., RABIE. R.K. **Characteristics and productivity of a sandy soil as influenced by soil conditioners at Saudi Arabia.** *Journal of Arid Environments*, n. 24, p. 297-303, 1993.

SUERTEGARAY, D.M.A. & MARTINS, G.M. (1991) Análise comparativa da gênese dos areais de Quaraí com os de outras áreas do SW do estado. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 4, Porto Alegre, **Anais**, Vol. 1:551-567.

SUERTEGARAY, D.M.A. & NUNES, J.O.R. (1991) Os desertos também podem ser verdes: controvérsias e proposições sobre os areias do Rio Grande do Sul. In: Encontro Nacional sobre Meio Ambiente, 3, **Anais**, Londrina, vol. 1: 421-432.

MEDEIROS, E.R. & SUERTEGARAY, D.M.A. 1991.

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](#)