

GIOVANNI BRUNO SOUTO MARINI

**ESPACIALIZAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL POR
COMPACTAÇÃO EM SOLOS DE PASTAGENS E SUA
RECUPERAÇÃO EM ÁREAS DE REVEGETAÇÃO NATURAL POR
CAPOEIRAS.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Núcleo de Ciência e Tecnologia, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia da Universidade Federal de Rondônia, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho

Co-Orientador: Prof.^a PhD. Marília Locatelli

Porto Velho

2010

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

GIOVANNI BRUNO SOUTO MARINI

ESPACIALIZAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL POR COMPACTAÇÃO EM SOLOS DE PASTAGENS E SUA RECUPERAÇÃO EM ÁREAS DE REVEGETAÇÃO NATURAL POR CAPOEIRAS.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Geografia (PPGG) da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), como requisito para obtenção do Título de Mestre.

Data da aprovação: 26 / 04 / 2010.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho
UNIR – Orientador/Presidente da Banca

Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos
UFPR – Examinador Externo

Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes
UNIR – Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à minha família como um todo, especialmente ao meu Pai e minha Mãe pelo incentivo, empolgação e opiniões ao longo desta pequena, porém árdua fase de minha vida, devo tudo a vocês. Aos meus irmãos Paula Graziela, Pedro Henrique pela compreensão nas centenas de vezes em que ocupei o computador por horas e mais horas durante todo o período de produção do texto. Ao meu irmão mais velho Krisófferson pela atenção, presteza e competência na manutenção ininterrupta ao computador desde o início deste processo. Amo muito vocês todos.

Ao Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho, orientador desta dissertação, pela sua participação em todas as fases deste trabalho, desde a idéia de concorrer à vaga no mestrado, a execução do projeto, dando todo o suporte no campo, e pelas leituras e correções durante a produção do texto. Agradeço também por toda a sua participação e minha vida acadêmica, me orientando desde o 6º período de graduação, com muito afincamento e energia, transformando uma trajetória que poderia ser comum em meio a tantas outras, em uma convivência de aprendizado constante, você se tornou muito mais que apenas um orientador, se tornou um grande amigo. Definitivamente sua presença fez e faz a diferença.

A Prof^a. Dr^a. Marília Locatelli, co-orientadora da presente pesquisa, pelo seu companheirismo, generosidade, e dedicação na execução do trabalho, se preocupando com todos os aspectos que cercaram esta dissertação, além de ótima Prof.^a tive a oportunidade conhecer uma pessoa de índole impecável, e com uma competência incontestável, sua atenção, compreensão e amizade fizeram desta dissertação um processo muito agradável em todos os períodos. Espero ter correspondido às expectativas. Muito Obrigado!

Ao Professor Dr. Flávio Simão Batista pela atenção, correções e questionamentos que enriqueceram sobremaneira a discussão e contribuíram para as conclusões deste trabalho.

Agradecer a ajuda indispensável dos Professores: Dr. Dorisvalder Dias Nunes, Dr. Vanderlei Maniesi nas leituras críticas da dissertação na pré-qualificação, suas opiniões foram de grande utilidade.

Ao futuro Geógrafo Henrique Bernini, amigo de hardcore e de graduação, pela sua ajuda imprescindível no período duro de coleta de amostras. A Guiomar Baldez amiga e

graduanda em Geografia por sua energia nas coletas das amostras agüentando mosquitos e muito sol com uma alegria contagiante, e que ainda devo um rodízio de pizza, sem vocês este trabalho não seria o mesmo.

A equipe de campo da EMBRAPA/CPAF-RO chefiada pelo competente Geógrafo Iraque Moura Medeiros pelo apoio em campo em todas as fases do trabalho.

Ao apoio direto e indireto de todos os Professores que compõem o corpo docente do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia da UNIR, com destaque aos Professores da Área Física. Ao professor Pedro di Tarique Crispim Barreto pela colaboração nos modelos matemáticos e estatísticos.

Aos discentes do PPGG que contribuíram no amadurecimento científico que tive durante os períodos de aulas com suas opiniões, especialmente aos que cursaram as disciplinas da área física: Salem, Charles, Osmair, Verônica, Núbia, Aldina e Luís Cleyton.

Agradecer a oportunidade de realização deste projeto ao PPGG representado pela Prof.^a Dr.^a Maria das Graças Silva Nascimento Silva e pelo Prof. Dr. Josué da Costa Silva, e aos funcionários do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia da UNIR, Flávio da Silva Nascimento e Gigliane Renata Rodrigues de Oliveira pela atenção e simpatia diárias, demonstrando além de competência em suas funções grande companheirismo.

Agradeço ao Povo Brasileiro, através do CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado, buscarei retribuir com pesquisas que de fato contribuam com resultados práticos.

Por fim agradeço a todos que fizeram parte direta ou indiretamente da execução deste trabalho.

O Problema Amazônico não é a mata intocada, mas manejar os solos e a Região de modo que as condições básicas de sua produtividade sejam conservadas.

Ana Primavesi

MARINI, Giovanni Bruno Souto. **Espacialização do impacto ambiental por compactação em solos de pastagens e sua recuperação em áreas de revegetação natural por capoeiras**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, RO, Brasil. [s.n], 2009.

RESUMO

A conversão de florestas em pastagens tem sido nos últimos 30 anos, umas das principais causas na mudança da paisagem Amazônica, porém a falta de técnicas na implantação e no manejo desses sistemas, resulta em inúmeras áreas de pastagens degradadas que posteriormente, podem dar origem à áreas de revegetação natural por capoeiras. Neste sentido o presente estudo procurou quantificar e qualificar o grau de compactação em duas áreas contíguas, composta por uma pastagem degradada e uma revegetada por capoeira, verificando a possível recuperação físico-hídrica provocada pelo crescimento espontâneo nesta capoeira de 20 anos a qual vemos como alternativa de uso do solo atuando na minimização dos impactos do desmatamento na Região. Os resultados quanto à compactação do solo, foram obtidos através das análises das variáveis físicas: densidade aparente, porosidade total, umidade atual e variáveis hídricas: infiltração acumulada, velocidade de infiltração básica e condutividade hidráulica, sendo que estes valores foram submetidos à análise descritiva e regressões para a constatação de variações e relações, seguidas por uma elaboração de modelos por superfície de tendência e resíduos, posteriormente interpolando os resultados dos grupos obtidos através de dendrograma com o intuito de se montar um modelo de identificação de áreas com ou sem impedimento à infiltração de água no solo. O efeito negativo do pisoteio animal foi confirmado nos resultados de pastagem, onde a densidade aparente atingiu valores acima de $1,3 \text{ g/cm}^3$, a porosidade total ficou com 47% e a umidade atual 32%, já em capoeira a densidade aparente manteve-se em $1,1 \text{ g/cm}^3$, com porosidade total de 54% e umidade de 38% deixando clara a recuperação destes atributos nesta área. Os parâmetros hídricos também indicaram esta melhora em capoeira, pois neste ambiente a infiltração acumulada foi 4 vezes maior que em pastagem. Nos valores de velocidade de infiltração básica a capoeira foi 100 vezes mais rápida que a pastagem, os resultados da condutividade hidráulica também apontam para uma maior permeabilidade em capoeira com $7,96 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ e o pasto com $4,05 \times 10^{-4} \text{ m/s}$. Nas análises espaciais todos os modelos indicaram uma forte relação entre as variáveis físicas e hídricas, comprovadas pelos coeficientes de correlação das regressões que ficaram em média acima de 80%, as superfícies seguiram uma tendência com os melhores resultados físico-hídricos à Noroeste da área de estudo, que corresponde a capoeira, e os piores a Sudeste, na área de pastagem. O modelo criado entre a associação do dendrograma com a geoestatística mostrou-se eficiente na delimitação de áreas com ou sem impedimento à infiltração, corroborando com os resultados encontrados nas superfícies de tendências e nas análises pontuais. Portanto foi confirmado que houve uma recuperação físico-hídrica efetiva em capoeira, possibilitando sua reutilização, e evitando assim, que novas áreas com florestas primárias sejam desmatadas.

Palavras Chave: Compactação animal, infiltração de água, pastagem degradada, capoeira, geoestatística.

MARINI, Giovanni Bruno Souto. **Spatialization of the environmental impact of soil compaction in pastures and recovery in areas of natural revegetation of caponier**. Dissertation (Masters in Geography), Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, RO, Brazil. [s.n], 2009.

ABSTRACT

The conversion of forest to pasture has been in the last 30 years, one of the main causes of landscape change in the Amazon, but a lack of technical deployment and management of these systems results in many areas of degraded pastures that eventually may lead to areas of natural revegetation of caponier. In this sense, this study sought to quantify and qualify the amount of compression in two adjacent areas, consisting of a degraded pasture and revegetated by caponier, checking the possible recovery physical-water caused by spontaneous growth in caponier in 20 years that we see as an alternative land use acting to minimize the impacts of deforestation in the Region. The results in terms of soil compaction were obtained through the analysis of physical variables: bulk density, total porosity, moisture content and hydrological variables: cumulative infiltration, infiltration rate and hydraulic conductivity, and these values were analyzed by descriptive statistically and regressions for finding variations and relationships, followed by a modeling of trend surface and waste, then interpolating the results of the clusters obtained by dendrogram analysis with the aim of setting up a model for identifying areas with or without impediment to infiltration of water into the soil. The negative effect of animal trampling was confirmed the results of pasture, where the bulk density reached values above 1,3 g/cm³, the total porosity was 47% and 32% moisture content, as in the caponier bulk density remained at 1,1 g/cm³, with total porosity of 54% and 38% humidity making clear the recovery of these attributes in this area. The water parameters also indicated the improvement in caponier, because in this environment the cumulative infiltration was 4 (four) times higher than in pasture. The values of infiltration rate on caponier was 100 times faster than grazing, the results of hydraulic conductivity also indicate greater permeability in caponier with 7.96 x10⁻⁴ m/s and pasture with 4.05 x10⁻⁴ m/s. In all spatial analysis models indicated a strong relationship between variables physical and water, as proven by the correlation coefficients of regressions that have averaged above 80%, the surfaces followed a trend with the best results physical water to north-west area study, which corresponds to caponier, and the worst of the Southeast, in the pasture. The model is the association between the dendrogram with geostatistics was efficient in the delimitation of areas with or without impediment to infiltration, confirming the results found on the surfaces of trends and analysis point. So it was confirmed that there was a recovery effective physical and water in caponier, allowing its reuse, and thus, that new areas of primary forests are cleared.

Keywords: Compression animal, water infiltration, degraded pasture, caponier, geostatistics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	- Localização da Área de Estudo	29
Figura 02	- Geomorfologia da Área de Estudo	32
Figura 03	- Disposição de pontos amostrais da área de estudo	35
Figura 04	- Modelo esquemático dos anéis concêntricos	37
Figura 05	- Classificação textural do solo em pasto e capoeira	43
Figura 06	- Modelo hierárquico de esferas de influência biológica no solo	54
Figura 07	- Superfícies de Tendência e Resíduos para densidade aparente, porosidade total e umidade atual em pasto e capoeira	90
Figura 08	- Superfícies de Tendência e Resíduos para infiltração acumulada, velocidade de infiltração básica e condutividade hidráulica em pasto e capoeira	92
Figura 09	- Mapa de superfície 3D referente à espessura do horizonte A em pasto e capoeira	93
Figura 10	- Quantidade de água infiltrada e sua movimentação superficial em pasto e capoeira	95
Figura 11	- Dendograma da análise hierárquica de agrupamentos para definição de classes de impedimento à infiltração	96
Figura 12	- Mapa de classificatório de impedimento à infiltração em pasto e capoeira	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	- Descrição Morfológica do solo em pasto e capoeira (0-20 cm)	42
------------------	---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Box plots dos dados de densidade aparente	58
Gráfico 02 - Box plots dos dados de porosidade total	60
Gráfico 03 - Box plots dos dados de umidade atual	62
Gráfico 04 - Box plots dos dados referentes aos parâmetros hídricos	64
Gráfico 05 - Distribuição e classificação da densidade aparente 0-10 cm	66
Gráfico 06 - Distribuição e classificação da densidade aparente 11-20 cm	67
Gráfico 07 - Distribuição e classificação da porosidade total 0-10 cm	68
Gráfico 08 - Distribuição e classificação da porosidade total 11-20 cm	69
Gráfico 09 - Relação entre densidade aparente e porosidade total para 0-20 cm em pastagem	70
Gráfico 10 - Relação entre densidade aparente e porosidade total para 0-20 cm em capoeira	71
Gráfico 11 - Distribuição e classificação da umidade atual 0-10 cm	72
Gráfico 12 - Distribuição e classificação da umidade atual 11-20 cm	73
Gráfico 13 - Relação entre densidade aparente e umidade atual para 0-20 cm em pasto e capoeira	74
Gráfico 14 - Curva da taxa de infiltração média em pasto e capoeira	77
Gráfico 15 - Curva da infiltração acumulada média em pasto e capoeira	78
Gráfico 16 - Classificação da velocidade de infiltração básica em pasto e capoeira...	81
Gráfico 17 - Relação linear entre densidade aparente e velocidade de infiltração básica para pasto e capoeira	82
Gráfico 18 - Valores médios da condutividade hidráulica em pasto e capoeira	83
Gráfico 19 - Relação linear entre densidade aparente e condutividade hidráulica para pasto e capoeira	84
Gráfico 20 - Relação linear entre condutividade hidráulica (K) e porosidade total (PT), umidade atual (U%) para pasto e capoeira	85

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01 - Lei de Darcy	25
Equação 02 - Lei de Darcy (determinação do gradiente hidráulico)	26
Equação 03 - Lei de Darcy (determinação da vazão)	26
Equação 04 - Lei de Darcy (determinação da condutividade hidráulica)	26
Equação 05 - Determinação da densidade aparente	36
Equação 06 - Determinação da porosidade total	36
Equação 07 - Determinação da umidade atual	36
Equação 08 - Curva da capacidade de infiltração	38
Equação 09 - Condutividade hidráulica vertical	38
Equação 10 - Condutividade Hidráulica	38
Equação 11 - Interpolação por superfície de tendência	39
Equação 12 - Resíduos da superfície de tendência	40
Equação 13 - Interpolação por vizinhos naturais	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	- Estágios de degradação em Pastagens	17
Tabela 02	- Estatística descritiva dos dados de densidade aparente	56
Tabela 03	- Classificação de coeficiente de variação para todos os dados	57
Tabela 04	- Estatística descritiva dos dados de porosidade total	59
Tabela 05	- Estatística descritiva dos dados de umidade atual	61
Tabela 06	- Estatística descritiva dos dados de Infiltração Acumulada, VIB, K	63
Tabela 07	- Equações de Infiltração acumulada e Taxa de infiltração/R ² dos modelos adotados.....	75
Tabela 08	- Classificação da velocidade básica de infiltração para pasto e capoeira ..	80
Tabela 09	- Classificação de condutividade hidráulica para pasto e capoeira	87
Tabela 10	- Composição dos grupos para as variáveis analisadas	97
Tabela 11	- Centróide dos grupos definidos na análise hierárquica de agrupamentos.	97
Tabela 12	- Classificação dos grupos quanto ao impedimento à infiltração em pasto e capoeira	98

LISTA DE FOTOS

Foto 01	- Estrutura do solo em capoeira e pastagem	43
Foto 02	- Raízes grandes na superfície da capoeira	45
Foto 03	- Presença de macrofauna (minhoca) abundante em capoeira	46
Foto 04	- Serapilheira em ambiente de capoeira e pastagem	47
Foto 05	- Macrofauna (formigas) abundante em pastagem	48
Foto 06	- Montículo de cupim em pasto e capoeira	49
Foto 07	- Proteção natural em capoeira contra splash	50
Foto 08	- Diferença entre a proteção do solo em pastagem e capoeira	51

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A	- Dados Físicos de Pastagem	130
Apêndice B	- Dados Físicos de Capoeira	130
Apêndice C	- Dados Hídricos de Pastagem	131
Apêndice D	- Dados Hídricos de Capoeira	131
Apêndice E	- Espessura do Horizonte A nos perfis analisados	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC	Capacidade de Campo.
CPAF-RO	Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia.
C.V.	Coeficiente de Variação.
DAP	Densidade Aparente.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.
GRW	Meridiano de Greenwich
ha	Hectare
HZ	Horizonte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
Inf Acum.	Infiltração Acumulada.
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
K	Condutividade Hidráulica
PM	Ponto de Murcha Permanente.
PT	Porosidade Total
PVAp	Argissolo Vermelho Amarelo plúntico
R ²	Coeficiente de Relação
SFA	Superintendência Federal de Agricultura
U%	Umidade Atual
VEG	Vegetação
VIB	Velocidade de Infiltração Básica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Pastagens Degradadas	16
3.2 Vegetação secundária ou Capoeira	19
3.3 Parâmetros físicos do solo	21
3.4 Infiltração de Água no solo	23
3.5 Variabilidade Espacial	27
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
4.1 Localização	29
4.2 Clima	30
4.3 Vegetação	31
4.4 Geomorfologia	32
4.5 Geologia	33
4.6 Solos	34
5. MATERIAIS E MÉTODOS	35
5.1 Metodologia de amostragem de campo	35
5.2 Análises Físicas do solo	36
5.3 Análises Hídricas do solo	36
5.4 Análises Estatísticas	39
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
6.1 Análise Morfológica	41
6.2 Fauna Edáfica	46
6.3 Descrição Estatística	55
6.4 Alterações nos Atributos Físicos do solo	64
6.4.1 Densidade Aparente	64
6.4.2 Porosidade Total	67
6.4.3 Umidade Atual	71
6.5 Atributos Hídricos do solo	74
6.5.1 Taxa de Infiltração	76
6.5.2 Infiltração Acumulada	77
6.5.3 Velocidade de Infiltração Básica	79
6.5.4 Condutividade Hidráulica	83
6.6 Análise Espacial	88
6.6.1 Superfície de Tendência	88
6.6.2 Modelo Classificatório de áreas críticas	95
7. CONCLUSÕES	100
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
9. APÊNDICE.....	130

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentado na Amazônia exige um conhecimento profundo dos processos que atuam neste ecossistema. Diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de limitar ao máximo os possíveis impactos ambientais do homem sobre a floresta, pois tanto a agricultura como a pecuária têm uma necessidade imediata, “o espaço físico”, fazendo do desmatamento a primeira consequência prejudicial ao ambiente. O desmatamento em função do avanço da pecuária é considerado por diversos autores (MARGULIS, 2003 e ALENCAR et al. 2004) como sendo o principal agente de transformação da paisagem amazônica, e esta conversão de florestas em áreas de pastagens, inevitavelmente altera o equilíbrio natural existente, modificando as propriedades físicas e hídricas do solo, principalmente em função da compactação animal (SILVA FILHO, 2009).

Esta compactação intensa promovida pelo pisoteio de animais, pode levar o ambiente a um estado de degradação agrícola, dificultando certas espécies de se desenvolverem naturalmente, acompanhada de uma degradação ambiental, pois na maioria dos casos são gerados danos e impedimentos à fauna e flora nativas, alterando a integridade estrutural e funcional do sistema. Neste contexto que o desmatamento se torna um grave problema, pois a floresta é perdida sem que seja gerado um sistema sustentável de produção agrícola ou pecuário, produzindo áreas de capoeiras que na maioria das vezes ocorre em função do abandono das pastagens degradadas na Amazônia (VIEIRA et al., 1993; PEREIRA & VIEIRA, 2001).

Após a formação de capoeiras na Amazônia, pode ocorrer uma recuperação físico-hídrica no solo, proporcionando a este, uma sobrevida que muitas vezes não é aproveitada, e esta não reutilização das capoeiras contribui diretamente para o avanço do desmatamento sobre as florestas primárias (BROWN & LUGO, 1990), portanto são de extrema importância os estudos que visam quantificar e qualificar o grau de recuperação físico-hídrica dos solos em capoeira.

Dentre os diversos métodos que quantificam e qualificam as modificações físicas e hídricas no solo, a infiltração de água se mostra muito eficiente, pois este é um dos fenômenos que melhor refletem as condições físicas internas do solo (ALVES & CABEDA, 1999), porém Stenberg (1999) enfatiza que nenhum indicador individualmente

conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos de qualidade física do solo com precisão, portanto, devem-se buscar relações entre outros atributos do solo como textura, densidade aparente, porosidade total, umidade atual e condutividade hidráulica.

Em estudos que buscam qualificar e quantificar aspectos do solo associados a identificação de áreas críticas para a infiltração de água, a distribuição espacial através da geoestatística se mostra eficiente, indicando a magnitude de variação espacial e a estrutura desta variabilidade, podendo auxiliar na compreensão e definição de estratégias de manejo e conservação dos solos (EGUCHI et al., 2003).

A hipótese deste estudo baseia-se na premissa que o processo de degradação física do solo existente na pastagem, pode ser revertido parcialmente com um período de pousio e consequente desenvolvimento de vegetação secundária ou capoeira, recuperando suas qualidades físico-hídricas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o grau de recuperação físico-hídrica do solo em capoeira comparativamente à pastagem degradada num Argissolo Vermelho Amarelo Álico plúntico (PVAd) em Porto Velho - RO.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o grau de compactação nos dois ambientes (pastagem e capoeira) através dos seguintes atributos físicos: densidade aparente, porosidade total, umidade atual e atributos hídricos do solo: infiltração acumulada, velocidade de infiltração básica, condutividade hidráulica.
- Determinar as equações preditivas de infiltração acumulada e velocidade de infiltração nos 36 pontos do grid.
- Constatar a relação entre as variáveis estudadas por meio de regressões.
- Modelar por meio de superfície de tendência e seu respectivo mapa de resíduo, a variabilidade espacial dos parâmetros físicos e hídricos analisados.
- Construir um modelo de risco, através de estatística multivariada e geoestatística, indicando áreas com impedimento a infiltração de água.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PASTAGENS DEGRADADAS

A conversão de florestas em pastagens tem sido nas últimas décadas o principal responsável pela mudança na paisagem da Amazônia brasileira, e este processo foi estudado por diversos autores como, Margulis (2003), Alencar (2004), Costa et al. (2006). De acordo com Budowski (1978), a substituição de florestas tropicais por pastagens constitui, na maioria dos casos, uma prática extremamente destrutiva com consequências desastrosas para o solo; este processo de transformação da paisagem ocorre com frequência em Rondônia, Neves Junior (2005) comenta que este Estado destaca-se por apresentar uma das maiores taxas de perdas de floresta para a formação de pastagens.

Os sinais de degradação em pastagens podem ser visíveis (vegetação esparsa) e invisíveis (parâmetros físicos do solo) segundo Costa et al. (2006). Zanine et al. (2005) aponta que a degradação das pastagens pode ocorrer por diversos fatores, entre eles, a escolha incorreta da espécie forrageira, a má formação inicial, a falta de adubação e manutenção, e principalmente o manejo inadequado da pastagem e do pastejo. Para Costa et al. (2006) o processo de degradação se instala na pastagem quando o limiar de resistência da planta forrageira é rompido pela desfolha e não são oferecidas condições satisfatórias para a sua recuperação.

As principais causas ou fatores da degradação ou de aceleração do processo de degradação das pastagens, podem ser: o tipo do solo (características químicas e físicas), espécie cultivada, ocorrência de pragas e doenças, estabelecimento inadequado, compactação e erosão do solo, o manejo inadequado das pastagens, enfatizando-se a superlotação de animais, propiciando o aparecimento de plantas invasoras.

Macedo & Zimmer (1993) definiram a degradação da pastagem, como o processo evolutivo da perda de vigor, da produtividade e da capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, assim como, o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais, em razão de manejos inadequados.

A degradação das pastagens em seus estágios mais avançados caracteriza-se pela modificação na dinâmica da comunidade vegetal, onde as espécies desejáveis (plantas forrageiras) cedem lugar a outras, de menor ou quase nenhum valor forrageiro, e pelo declínio na produtividade de forragem, com reflexos na produção animal. O quadro evolutivo do processo de degradação de uma pastagem, de acordo com Barcellos (1990) tem como sequencia cumulativa:

- Diminuição na produção e qualidade da forragem;
- Diminuição na cobertura do solo e do aparecimento de plantas novas na pastagem;
- Aparecimento de espécies de plantas invasoras, com processos de competição, e erosão pela ação da chuva; e
- Grande proporção de plantas invasoras e colonização da área por espécies nativas, além da ocorrência de processos erosivos acelerados.

Com o intuito de classificar as pastagens degradadas Spain & Gualdrón (1991) estabeleceram graus de degradação (fator qualitativo) em pastagens e os vincularam com a perda da produtividade da pastagem (fator quantitativo) conforme Tabela 1.

Tabela 01 – Estágios de degradação em Pastagens

Estágio de degradação	Parâmetros restritivos	Declínio na produtividade (%)	Grau
1	Vigor e qualidade	< 25	Leve
2	1+ Pequena população de plantas	25 - 50	Moderado
3	1+2+ Invasoras	50 - 75	Forte
4	1+2+3+ Formigas e Cupins	> 75	Muito Forte
5	1+2+3+4+ Fraca cobertura do solo	> 75	Muito Forte
6	1+2+3+4+5+ Erosão	> 75	Muito Forte

Fonte: Spain & Gualdrón (1991)

Conforme Costa et al. (2006), na Amazônia Brasileira, cerca de 40% das pastagens cultivadas se encontram em estágios avançados de degradação. Já Soares et al. (2009), estima que atualmente 62% das áreas desflorestadas na região amazônica foram destinadas a empreendimentos pecuários, onde foram implantados cerca de 25 milhões de hectares de pastagens, desse total, calcula-se que a metade está degradada ou em processo de

degradação. Neste contexto e segundo dados do INPE, o estado de Rondônia já perdeu pelo menos 21% de sua cobertura florestal original, que representa cerca de 4 milhões de hectares (ha) dos quais aproximadamente 63%, encontram-se abandonados na forma de capoeira ou foram transformadas em pastagens, que via de regra, encontram-se em diferentes estádios de degradação (SOARES et al. 2009).

De acordo com Dias Filho (2006a) a degradação de pastagens nos trópicos, constitui um grave problema econômico e ambiental, pois além da perda de produtividade pecuária, a não recuperação desse ambiente provoca forte pressão em florestas primárias em detrimento da expansão de áreas de pastagem, e segundo Dias Filho (2007) este é um grande desafio, pois, as tecnologias de recuperação de pastagens degradadas no trópico úmido brasileiro, principalmente aquelas que demandam maior uso de insumos, normalmente são mais caras do que os procedimentos tradicionais de conversão de florestas primárias em pastagens.

Nesse sentido Ichihara (2003), observa que mesmo sem considerar os ganhos com a extração de madeira durante o desmatamento, os benefícios econômicos a curto e médio prazo das técnicas de renovação de pastagens geralmente são inferiores aos da formação de novas pastagens e conseqüentemente aumentando as áreas susceptíveis à degradação por pisoteio animal.

Esse pisoteio afeta certa profundidade do solo e embora ocorra divergência entre os pesquisadores, quanto à profundidade específica, em que é encontrada esta compactação, todos os autores concordam que esta, situa-se na camada superficial do perfil, entre 0-20 cm. Para Thomaz (2002) a principal profundidade afetada encontra-se entre 0-5 cm, Sendo que esta alteração física diminui a porosidade e, por conseguinte, segundo Zimmer & Barbosa (2005) diminui a infiltração, reduzindo a capacidade de armazenamento de água no solo, podendo desencadear processos erosivos devido ao aumento do escoamento superficial.

Suzuki (2008) conclui em seu trabalho que em pastagens a compactação chega até a camada 0-10 cm; Colet (2006) também define que as áreas de pastagem usualmente apresentam uma compactação superficial, principalmente na camada de 0-10 cm, já Cantarutti et al. (2001) e Zimmer & Barbosa (2005) defendem que esta compactação por

pisoteio ocorre normalmente da superfície até os 15 cm de profundidade, evidenciando que a camada afetada pela compactação animal não ultrapassa 20 cm de profundidade.

A compactação ocasionada pelo super pastejo é um dos principais vetores da degradação de pastagens e segundo Rodrigues et al. (2000), este processo se dá em função do tempo que estes animais permanecem continuamente na mesma área; corroborando com Dias Filho (2007), onde afirma que a superlotação das pastagens e a ausência de adubação e manutenção constituem-se em importantes causas de degradação de pastagens na Amazônia Legal.

Camargo & Alleoni (1997) também consideram que uma das principais causas da degradação de pastagens é a compactação do solo, resultado do processo de aumento da densidade na camada superficial e conseqüente redução da porosidade, e infiltração de água no solo. Em estudos recentes Muller et al. (2001) verificou que a compactação em áreas de pastagens degradadas provocou destruição da estrutura no solo resultando em severa diminuição da infiltração de água. Com o processo de compactação a fauna do solo vai desaparecendo gradativamente, e o processo de erosão sendo potencializado (RODRIGUES et al. 2000).

Para Ribon & Tavares Filho (2004), Colet (2006), a compactação do solo devido ao tráfego dos animais também pode ser creditada como a maior causa da degradação dos solos sob pastagem. Sua ocorrência está associada à elevada pressão exercida sobre o solo pelas patas dos animais, em função da elevada massa corporal aplicada em uma pequena área de contato (IMHOFF et al., 2000).

3.2 VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA OU CAPOEIRA

Dentre as principais conseqüências do processo de colonização na Amazônia, o desflorestamento destinado à implantação da pecuária extensiva tem grande destaque, no entanto dificuldades no manejo do gado e a diminuição dos incentivos governamentais tornam a atividade inviável para alguns fazendeiros, o que acaba gerando áreas de pastagens abandonadas (PUERTA, 2002).

Após um distúrbio ambiental (desmatamento) a tendência é a sua reconstituição imediata, porém com a compactação do solo um tempo maior para a sua regeneração se faz necessário, segundo algumas observações de Rizzini (1997), de 15 a 20 anos seriam

necessários para a formação de uma boa capoeira e o dobro para a um capoeirão explorável. Assim, cresce em extensão e em importância as capoeiras, pois à medida que florestas primárias estão sendo exploradas e fragmentadas, áreas ocupadas por capoeiras aumentam em todo o mundo, a uma taxa de 6,4% segundo FAO, (1997).

O conceito de capoeira de acordo com Brown e Lugo (1990) é a vegetação arbórea arbustiva que se desenvolve secundariamente por meio da regeneração natural, após um distúrbio que elimina mais de 90% da cobertura vegetal primária. O conceito de capoeira ou vegetação secundária não é um consenso entre os diferentes autores, que divergem, principalmente, com relação à natureza do distúrbio que reinicia a sucessão.

Segundo Brown e Lugo (1990), existem várias razões importantes para o desenvolvimento de estudos sobre os solos nas vegetações secundárias nos trópicos, dentre eles, destaca que a utilização dessas florestas poderia abrandar a expansão crônica do desmatamento em florestas primárias; nestas áreas abandonadas não são utilizadas suas madeiras que muitas vezes poderiam ter um fim útil para a sociedade; de modo geral, a capoeira promove condições que recuperam as qualidades físicas do solo, principalmente quanto à infiltração de água, pode também contribuir na conservação de nutrientes, umidade e manutenção de horizontes orgânicos. Hurtienne (2005) conclui que a capoeira possui um papel fundamental para a manutenção dos fluxos de nutrientes e das funções ecológicas básicas, como o ciclo hidrológico e a biodiversidade.

Para IBGE (1992), as vegetações secundárias ocorrem após distúrbios antrópicos, e sua regeneração reflete os parâmetros ecológicos do ambiente; as perdas da matéria orgânica pelas queimadas e a dos elementos químicos pela lixiviação provocada pelas chuvas, empobrecem rapidamente os solos tropicais, dificultando uma recuperação rápida.

Na Amazônia, as capoeiras podem ser definidas como áreas de crescimento espontâneo de vegetação secundária proveniente do processo de substituição dos ecossistemas florestais naturais por agroecossistemas. Conforme Pereira e Vieira (2001) os principais exemplos de ecossistemas de capoeira na região amazônica são as áreas de pousio formadas após o abandono de áreas de pastagens degradadas.

De acordo com Brienza Junior (2007) as capoeiras podem ser consideradas áreas parcialmente degradadas, contudo este fato não permite que essas áreas sejam tratadas

como inúteis para atividades agrícolas e florestais e sem valor ecológico para a paisagem amazônica. Essas áreas devem ser consideradas como florestas em recuperação, pois restabelecem as funções orgânicas do solo, e constituem reserva de sementes e frutos de espécies nativas regionais que possibilita a manutenção da diversidade florística e sustenta a fauna silvestre da região (VIEIRA et al., 1996).

A sucessão secundária é o mecanismo pelo qual, as florestas tropicais se auto-renovam, através da "cicatrização" de locais perturbados que ocorrem a cada momento em diferentes pontos da mata (GOMEZ-POMPA, 1971). Conforme Nepstad et al. (2001) o crescimento das capoeiras contribui para o restabelecimento das funções hidrológicas das florestas, recuperação da biodiversidade, redução das perdas potenciais de nutrientes pela erosão.

Na fronteira agrícola amazônica, a capoeira é um ecossistema em expansão e ocupa de 20 a 50% das áreas utilizadas pela agropecuária. Dependendo da sustentabilidade dos agroecossistemas estabelecidos nessas áreas desmatadas, se não houver ações governamentais, as áreas de capoeira podem continuar aumentando até se tornarem o ecossistema predominante na paisagem amazônica.

Para Muniz et al. (2007) as vegetações secundárias desempenham importantes funções no ecossistema, com destaque para as altas taxas de crescimento florestal, acúmulo de biomassa, benefícios hidrológicos, manutenção da biodiversidade, caracterizando assim a grande necessidade por estudos específicos que abordem esse ecossistema.

3.3 PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO

Conforme IBGE (1995) a densidade aparente tem implicação direta com a morfologia do solo e, por conseguinte, com a gênese de cada tipo de solo, e indiretamente, reflete o comportamento dos solos no tocante à porosidade, permeabilidade, compacidade, taxa de infiltração, desenvolvimento de raízes. Desta forma, muitos autores como Warren et al. (1986), Dias Junior & Pierce (1996), Camargo & Alleoni (1997), Hakansson & Lipiec (2000) empregam a densidade do solo como indicativo de compactação.

A porosidade segundo IBGE (1995), exprime o volume total de poros contidos na amostra, admitindo-se que essa condição seja igual à do solo onde foi amostrado, o conhecimento dessa propriedade do solo é importante, pois, pode fornecer informações

quanto a sua permeabilidade, capacidade de retenção de água e de nutrientes. A porosidade dos solos também é um parâmetro muito empregado como indicativo de compactação dos solos.

Diversos autores, como Lins e Silva (1999), Lipiec et al. (2003), Tarawally et al. (2004) e Tormena et al. (2004) citam que durante a compressão do solo, no processo de compactação, o rearranjo das partículas faz com que o volume dos macroporos seja reduzido, o que implica na redução da porosidade total pela redução da macroporosidade. Os mesmos autores comentam que os microporos pouco sofrem ou nada são afetados durante o processo de compactação. Para Kiehl (1979), um solo ideal possui uma fração sólida que ocupa 50% do seu volume, sendo a porosidade igual a 50%, ocupada pela água 25% e 25% pelo ar.

Ingaramo (2003) afirma que para a avaliação da qualidade física do solo algumas propriedades podem ser adequadas, como a porosidade total, densidade aparente e condutividade hidráulica; Esta qualidade física segundo Reichert et al. (2003) está associada aos solos que permitem infiltração e disponibilização de água às plantas, córregos e superfície, responde ao manejo e resiste à degradação e permite o crescimento de raízes; de acordo com Doran & Parkin (1994) a densidade aparente e a taxa de infiltração de água podem ser considerados como indicadores básicos da qualidade física do solo.

Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, o efeito imediato é o aumento da densidade acarretando na redução da macroporosidade (ALVES et al., 2007); diversos autores (ALVES, 1992; ANJOS et al., 1994; e VEIGA et al., 1994) observaram que em solos degradados, existe uma relação inversa entre densidade e porosidade total.

A análise das modificações na estrutura do solo decorrentes da compactação em pastagens, pode ser feita através das propriedades físicas no solo, que traduzem as modificações nos poros, e estas variam em função da pressão aplicada ao solo conforme Cavalieri (2007). Segundo Sweeney et al. (2006), para a determinação do grau de compactação, as propriedades físicas do solo mais utilizadas são: a densidade do solo, a porosidade e a condutividade hidráulica.

Para Nolla (1982) a porosidade e a densidade do solo indicam as condições de infiltração de água e ar, pois essas variáveis estão relacionadas ao tamanho e número dos macro e microporos; os macroporos têm maior capacidade de infiltração de água e ar que os microporos, por sua vez quanto maior a densidade do solo, menor será o número dos macroporos e maior o dos microporos, isso determinará a capacidade de infiltração no solo.

3.4 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

A infiltração de acordo com Silveira et al. (2003), é a passagem de água da superfície para o interior do solo. Portanto, é um processo que depende fundamentalmente da água disponível para infiltrar, da natureza do solo, do estado da sua superfície e das quantidades de água e ar, inicialmente presentes no seu interior.

À medida que a água infiltra pela superfície, as camadas superiores do solo vão-se umedecendo de cima para baixo, alterando gradativamente o perfil de umidade. Os autores acrescentam que o conceito de capacidade de infiltração é aplicado com o intuito de se verificação as diferenças no potencial que o solo tem de absorver água pela sua superfície, esse parâmetro associado à velocidade de infiltração, que segundo Villela & Mattos (1975) é a velocidade média que a água atravessa o solo, podem auxiliar nas análises da qualidade física de um solo.

Garcez & Alvarez (1988) definiram que o fenômeno da infiltração é função das características geológicas do solo (material de origem), do relevo e dos obstáculos oferecidos ao escoamento superficial e também do tipo e porte da vegetação da área; sugerindo que o ambiente de pastagens propicia condições, para uma menor infiltração de água se comparada às florestas; definem ainda que a capacidade de infiltração é a quantidade de água máxima que um solo, em condições preestabelecidas, pode absorver por unidade de superfície horizontal, durante a unidade de tempo.

A dinâmica do processo de infiltração depende, entre outros fatores, da quantidade de água presente e da permeabilidade da superfície, do tamanho e forma dos poros no interior do solo e da quantidade de água já existente nesses poros. É fundamental conservar a capacidade natural de infiltração dos solos, porém ações antrópicas contribuem para piorar a condição original.

A dimensão dos poros por onde a água irá infiltrar é influenciada pelo tamanho, forma e natureza mineral das partículas e pelo modo como estas partículas estão arrançadas (estrutura). Entre os tipos de solos, aqueles com poros maiores, como os de textura arenosa ou os argilosos com agregados estáveis e matéria orgânica, oferecem melhor condição para a infiltração da água, já que a resistência à passagem através da superfície tende a ser pequena. Os poros grandes podem ser decorrentes da existência de partículas grandes compondo o solo (fração areia) ou da estrutura, já que partículas pequenas (fração silte e argila) podem ser aglutinadas em agregados maiores, devido à presença de substâncias cimentantes.

A cobertura vegetal existente sobre a superfície, tanto viva como morta, ajuda bastante a infiltração da água, tanto por proteger a superfície do impacto direto das gotas de chuva como também por reduzir a velocidade do escoamento superficial, aumentando o tempo de oportunidade para que a água infiltre. Terrenos planos permitem uma infiltração maior que terrenos declivosos também pelo maior tempo de permanência da água em contato com a superfície.

Klar (1984) conceitua a infiltração de água do mesmo modo que Garcez & Alvarez (1988) e Silveira et al. (2003) acrescentando a discussão alguns fatores que segundo o autor afetam o processo de infiltração como o tempo de ensaio, o teor de umidade do solo inicial, a condutibilidade hidráulica, matéria orgânica, textura e estrutura. Hillel (1970) indica que são vários os fatores que atuam na diminuição da capacidade de infiltração de um solo, dentre os quais se destacam: as condições da superfície do solo, o conteúdo inicial de água no perfil do solo, o tempo de infiltração, a existência de camadas menos permeáveis ao longo do perfil, a topografia do terreno e as propriedades físicas do solo.

As variações na velocidade de infiltração do solo são influenciadas de acordo com Nolla (1982) pela macroporosidade, matéria orgânica e compactação; Rezende & Scaloppi (1985) definem que o fenômeno da infiltração é complexo e depende de inúmeras variáveis relacionadas às características físicas e morfológicas do solo.

Em áreas com pouca ou nenhuma vegetação, o processo de encrostamento ou selamento do solo é acentuado em função do impacto direto das gotas de chuva conforme Moore & Larson (1980); Costa et al. (1999) acrescenta que embora a crosta superficial

formada possua pequena espessura, reduz significativamente a infiltração aumentando, conseqüentemente, o escoamento superficial.

Para Pott et al. (2005), o processo de infiltração de água sofre influencia do tipo de uso do solo, pois durante uma chuva ou irrigação, em áreas degradadas, parte da água infiltra no solo e a outra parte escorre na forma de enxurrada, podendo causar erosão; portanto, quanto maior a infiltração de água menor é o potencial de ocorrer erosão.

Soares et al. (2007) define os processos de infiltração e percolação como sendo os responsáveis pela manutenção do ciclo hidrológico o qual permite a armazenagem e transferência de água, através da movimentação da água subterrânea em direção aos cursos de água nos períodos de estiagem. Para se ter uma compreensão sistêmica dos processos de infiltração é necessário considerar as conexões existentes entre água, os elementos do meio físico e a dinâmica do uso da terra.

Conforme Scherpinski (2005), dentre os atributos hídricos destaca-se a condutividade hidráulica que se caracteriza pela facilidade com que a água é conduzida através do solo e juntamente com outros parâmetros, é de fundamental importância para um bom desenvolvimento da agricultura. Dourado (2003) comenta que essa propriedade apresenta enorme variação em materiais inconsolidados que vão de 10^{+2} para materiais de altíssima condutividade como pedregulhos, e 10^{-12} para os de baixíssima condutividade, encontrados em solos com grande quantidade de minerais de argila de alta atividade, e o cálculo da condutividade hidráulica se faz com o emprego da Lei de Darcy.

A Lei de Darcy foi desenvolvida para o estudo do fluxo de água em um filtro de areia; Darcy estabeleceu uma relação empírica através da seguinte equação:

$$v = k.i$$

Equação (01)

A Lei de Darcy relaciona a velocidade de descarga (v) de um fluido, através de um meio poroso, com um gradiente hidráulico (i) definido em uma relação linear pela equação:

$$i = \frac{\Delta P}{L}$$

Equação (02)

Em que:

ΔP = Perda de carga sobre a distância L ;

L = Espessura da camada do meio poroso, medida na direção do fluxo.

Foi observado que essa relação seguia uma constante de proporcionalidade k que foi chamada de condutividade hidráulica. Quando o fluxo ocorre através de uma seção A , tem-se:

$$q = A.v$$

Equação (03)

Em que:

q = Vazão

Assim pode-se escrever que:

$$q = k.i.A$$

Equação (04)

Portanto a condutividade hidráulica em solos é dada pela velocidade de descarga (v) através de uma seção (A), sob um gradiente hidráulico (i), pode-se afirmar também que o valor da condutividade hidráulica nos solos dependerá das características do fluido e do solo em questão.

A condutividade hidráulica, também é usada para descrever, segundo Van Lier (2000) o movimento de água no solo, e este é um parâmetro importante para a disponibilidade de água e está relacionada com a umidade do solo e seu potencial mátrico, além de ser uma boa indicadora da qualidade físico-hídrica, pois se relaciona mais diretamente com o movimento de água no solo.

Os sistemas de uso e manejo do solo são fatores que segundo Melo Filho (2002) e Silva Filho (2009), interferem nas propriedades físicas e hídricas do solo, causando aumento na densidade aparente do solo e redução da porosidade total, da infiltração e da condutividade hidráulica em relação às condições naturais.

3.5 VARIABILIDADE ESPACIAL

Para a determinação da variabilidade espacial alguns métodos se mostram eficientes, dentre eles a superfície de tendência. Conforme Landim (1998) a superfície de tendência pode ser utilizada quando se deseja correlacionar a distribuição de uma variável dependente z em função das coordenadas x , no sentido leste-oeste, e y , no sentido norte-sul, e nessas circunstâncias, deve-se calcular, em vez de uma reta como no caso de uma correlação tradicional, uma superfície que melhor se adapte ao conjunto de observações por meio de técnicas matemáticas que fornecerão a melhor superfície mapeável e objetiva. Com a aplicação dessa análise consegue-se separar dados mapeáveis em duas componentes: uma de natureza regional, representada pela própria superfície, e outra que revela as flutuações locais, representadas pelos valores residuais.

As superfícies de tendência são interpoladores determinísticos globais. A superfície é aproximada por um ajuste polinomial aos dados, através de um processo de regressão múltipla entre os valores do atributo e as localizações geográficas. Essa função polinomial é então utilizada para estimar os valores dos pontos em todas as localizações de uma grade regular que aproxima a superfície (CAMARGO, 2009).

As superfícies de tendência buscam modelar a variação espacial em larga escala através de uma regressão múltipla entre os valores de atributo e as localizações geográficas. A saída é uma função polinomial na qual o valor do atributo é expresso em função das coordenadas da superfície, expressas em duas ou três dimensões.

A variabilidade espacial de atributos do solo desperta grande interesse por parte dos pesquisadores, pois o conhecimento dessa variabilidade no espaço e no tempo é considerado atualmente, um dos princípios básicos para o manejo de áreas antropizadas, qualquer que seja sua escala. Segundo Chicota et al. (2003) a variabilidade natural se deve ao material de origem e pode ser aleatória ou depender da posição das amostras no espaço,

Souza (1992) acrescenta que esta variabilidade pode ainda ser alterada pelo tipo de manejo do solo.

Bertolani & Vieira (2001) afirmam que após os atributos físicos do solo, sofrerem sucessivas alterações, a utilização de amostragem aleatória seria insuficiente para representar toda uma classe de solo, incorrendo em sérios erros, cabendo ao tratamento geoestatístico apresentar meios de possíveis explicações das diversas dinâmicas e formas ao longo da paisagem.

Para Souza et al. (2001) e Joaquim Junior et al. (2002) as propriedades físicas e hídricas dos solos podem variar de um local para outro, apresentando continuidade ou dependência espacial, conforme o manejo adotado e das próprias características de origem dos solos. Em razão destas possíveis variações espaciais, a análise geoestatística permite detectar a existência da variabilidade e distribuição das medidas estudadas, tornando-se uma importante ferramenta na análise e descrição detalhada da variabilidade das propriedades do solo segundo Greco & Vieira (2005).

Gonçalves et al. (2000), conclui que uma alta variabilidade de propriedades físicas do solo implica uma alta variabilidade nas características de retenção de água no solo e da condutividade hidráulica, portanto, o estudo dessas propriedades é importante quando se busca obter conhecimento e controle da dinâmica da água o solo, corroborando com Queiroz (1995) que indica o estudo da variabilidade espacial dos parâmetros relacionados ao movimento de água no solo para o melhor entendimento das flutuações de valores em determinadas áreas.

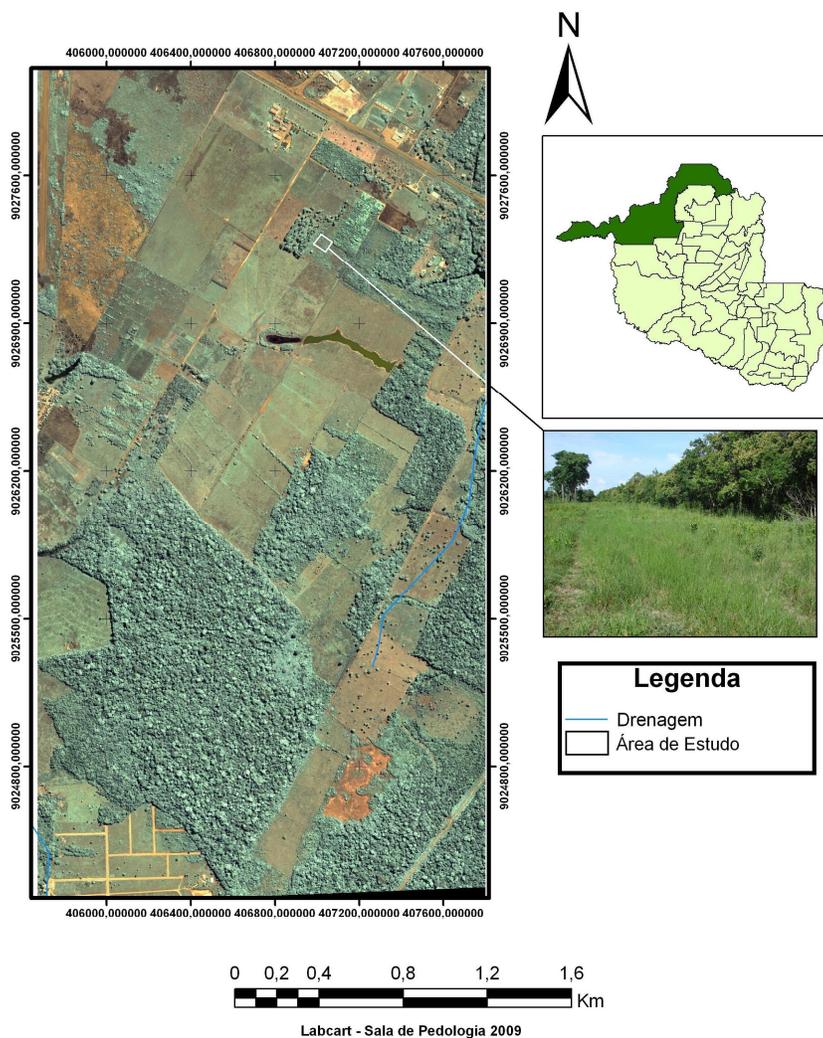
Conforme Reichardt (1996); Libardi (2005); e Scherpinski (2005), a condutividade hidráulica, apresenta os maiores índices de variabilidade espacial dentre os atributos do solo, e esse parâmetro é influenciado por todas as propriedades que afetam a distribuição, tamanho e forma dos poros, como a textura, densidade aparente, porosidade total, matéria orgânica e umidade do solo.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo localiza-se no Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia (CPAF-RO), unidade da EMBRAPA situada no km 6 da BR-364, sentido Porto Velho – Cuiabá, entre as coordenadas geográficas: 80 53' 20" de latitude sul e 63 06' 40" de longitude oeste de Grw, esta foi escolhida em função de sua proximidade com a área urbana facilitando a logística, outro aspecto que contribuiu para a escolha foram as condições ambientais da área, contemplando o objeto deste estudo. A área de coleta em pastagem degradada e capoeira no Argissolo Vermelho Amarelo Álico plúntico, encontra-se assinalada na Figura 1 abaixo.

Figura 01 – Localização da Área de Estudo



4.2 CLIMA

O clima da região, segundo classificação de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO & SONCIN, 1982) é do tipo Am, o qual representa um clima tropical chuvoso, quente e úmido, caracterizado por apresentar total pluviométrico elevado, com pluviosidade anual acima de 2.250 mm, distribuídos irregularmente, e moderado período de estiagem, cujos índices pluviométricos são inferiores a 60 mm, nos meses de Junho a Agosto (ADAMY & ROMANINI, 1990).

O município de Porto Velho especificamente, apresenta clima quente, com boa regularidade térmica anual, porém com pequena queda nos meses de junho, julho e agosto. Estes são também os três meses menos chuvosos, chegando a um índice de cerca de 20 mm em julho, todavia, o verão é bastante chuvoso, sendo janeiro o mês de maiores índices pluviométricos (370 mm). O efeito da continentalidade sobressai nesse subtipo climático, bem como a evaporação/evapotranspiração.

O tipo climático de Porto Velho se deve basicamente a quatro fenômenos naturais, que são: MEC, MEAN, ZCIT e MPA suas características estão descritas a seguir conforme Mendonça & Danni-Oliveira (2007). A Massa Equatorial Continental (MEC) possui elevada temperatura e umidade acima do normal, em função desta massa se originar numa região onde a superfície é composta por uma farta e caudalosa rede de drenagem e por uma exuberante e densa floresta. A Massa Equatorial do Atlântico Norte (MEAN), com ar quente e úmido formado no anticiclone dos Açores é atraído para o continente em função da diferença de pressão entre as superfícies continental e oceânica. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que se forma em baixas latitudes onde o encontro dos ventos alíseos provenientes de sudeste com aqueles provenientes de nordeste, cria uma ascendência das massas de ar, que são normalmente úmidas.

Em Porto Velho ocorre também a influência da Massa Polar Atlântica (MPA) que tem origem na porção do extremo sul da América do Sul com temperaturas mais baixas e de menor umidade, o deslocamento desta massa em direção às baixas latitudes se deve a atração exercida pelas baixas pressões tropicais e equatoriais, bem como, da força de atrito com o relevo sobre o qual se movimenta. Quando a MPA encontra-se com intensidade expressiva, esta massa pode se desenvolver até a latitude 0°, nestas condições sua atuação sobre Porto Velho provoca a ocorrência do fenômeno conhecido regionalmente por

friagem, onde as temperaturas podem atingir até 18° e 19° C nos meses de julho e agosto (BASTOS, 1972).

4.3 VEGETAÇÃO

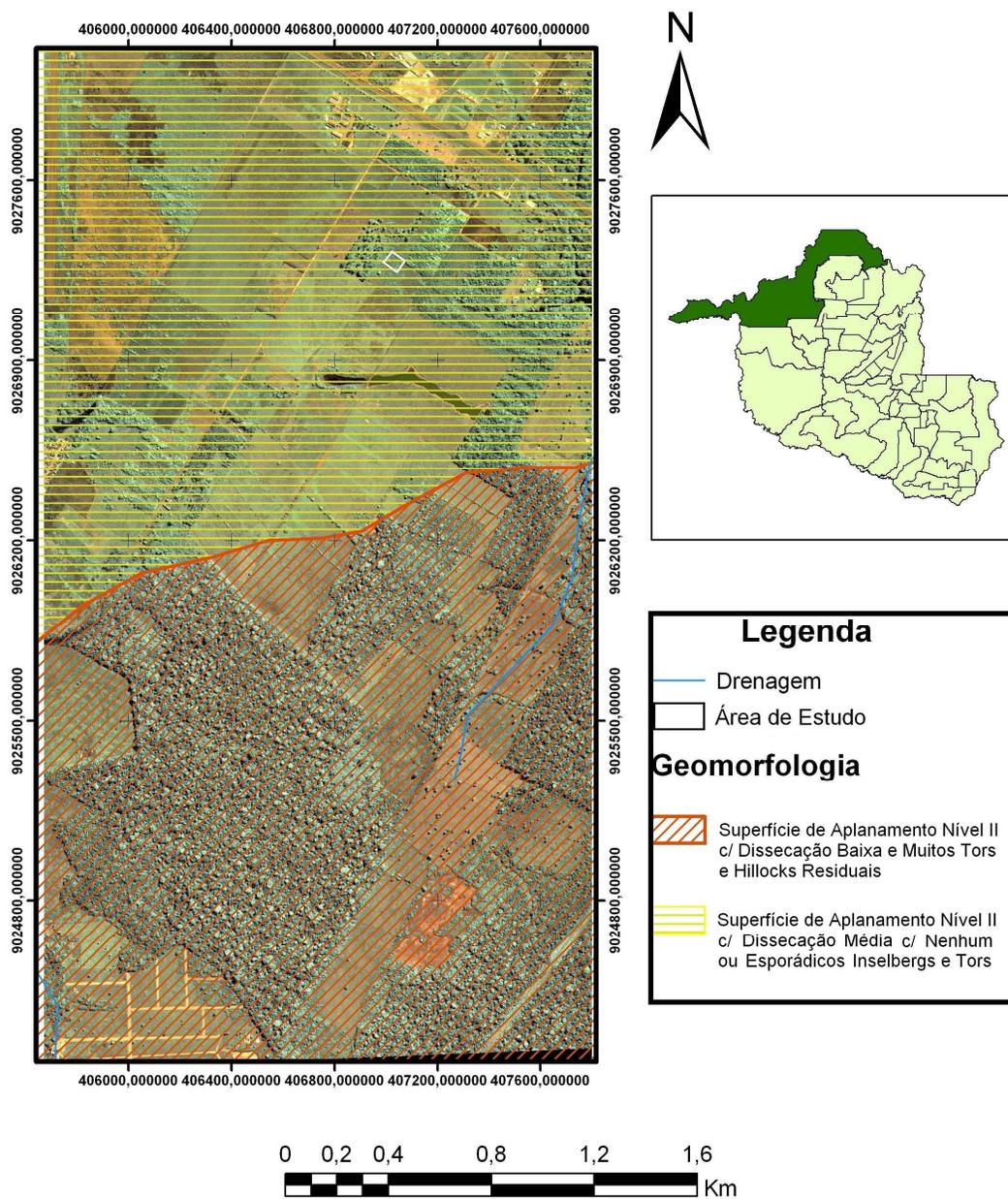
Segundo o mapa fitoecológico de 1978 do RADAMBRASIL, a área de estudo foi classificada como Floresta Ombrófila aberta, e este tipo de vegetação segundo o mesmo estudo, ocupa 55% de Rondônia e localização na superfície dissecada do Rio Madeira e em áreas de embasamento com relevos dissecados, apresentado as sub-formações de floresta ombrófila aberta de palmeiras, floresta ombrófila aberta de cipós e floresta ombrófila de bambu.

As florestas ombrófilas são caracterizadas segundo Rondônia (2002), como florestas tropicais úmidas, pluviais e sempre verdes; apresentam dossel bem distinto, com indivíduos emergentes e sub-bosque estratificado.

4.4 GEOMORFOLOGIA

A área de estudo está caracterizada segundo Rondônia (2002) como superfície de aplanamento nível II com dissecação média com nenhum ou esporádicos inselbergs e tors com altitude inferior a 300m, conforme Figura 2.

Figura 02 – Geomorfologia da Área de Estudo



A superfície de aplainamento é o resultado da atuação de processos morfogenéticos de dinâmica variada relacionada a ciclos de espriamento de detritos fluviais e lacustres. De acordo com Vilaça (1985) está relacionada à justaposição de seqüências sedimentares do Terciário ao Quaternário, evidenciadas por inconformidade erosiva e paleossolos, correspondentes à Formação Barreiras e aos sedimentos arenosos de cobertura recente.

Archambault et al. (1967) define a superfície de aplainamento como “uma topografia mais ou menos plana, resultando de um trabalho prolongado da erosão, em condições tectônicas e climáticas estáveis”. Para King (1953), os avanços com relação aos estudos de aplainamento demonstram possibilidade de reajustamento isostático em uma mesma fase de elaboração climática, proporcionando a diferenciação de níveis, dependendo da ação tectônica. As superfícies de aplainamento constituem uma etapa importante na história do relevo. Ela marca o fim de uma longa evolução e pode constituir o ponto de partida de uma nova etapa do aparecimento de formas após o desencadeamento de uma nova onda de erosão (CASSETI, 2009).

Estes relevos residuais são mapeados em forma de agrupamentos de colinas e morros sem controle estrutural (quando esculpidos nos granitos Rondonianos) ou agrupamentos de colinas e morros com controle estrutural (quando esculpidos nos arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral).

4.5 GEOLOGIA

A área de estudo pertencente a Unidade Litoestratigráfica denominada Formação Jaciparaná, a qual constitui-se num pacote sedimentar de no máximo 50 m de espessura, depositado discordantemente sobre o Complexo Jamari, sendo em alguns pontos de difícil distinção da Formação Solimões (ADAMY & ROMANINI, 1990). A Formação Jaciparaná do período quaternário (Pleistoceno) apresenta litótipos, formados por pediplanos antigos, compostos de argilas, silte e areias heterogêneas, incipientemente consolidados, individualizáveis ou não (fácies colúvio aluvial).

Esta formação de acordo com Scandolara (1990) apresenta-se com associações sedimentares muito heterogêneas, acentuadamente deprimidas com predomínio de interflúvios tabulares com fraco aprofundamento da drenagem, tendo no Rio Madeira o seu principal curso d'água. Associados a esta dinâmica, desenvolveram-se coberturas residuais,

definidas como lateritos imaturos, constituídos por horizonte concrecionários e mosqueados, oriundos de mudanças climáticas do Pleistoceno.

4.6 SOLOS

Segundo Silva Filho (2009) a área de estudo é caracterizada como um Argissolo Vermelho Amarelo Álico plíntico A moderado, textura Argilosa (EMBRAPA, 2006). Conforme Cochrane et al., (1998), a classe Argissolo Vermelho Amarelo Álico plíntico corresponde a 971.443 ha perfazendo perto de 6% do Estado, dando significativa importância no estudo desse solo. Na Amazônia a classe Argissolo corresponde a aproximadamente 30% dos solos da região.

Esta classe compreende solos com evolução avançada com atuação incompleta de processo de ferralitização, em conexão com paragênese caulínica oxidíca ou virtualmente caulínica, na vigência de mobilização de argila da parte mais superficial, com concentração ou acumulação em horizontes subsuperficiais. São solos constituídos por material mineral apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E, e satisfazendo ainda, os seguintes requisitos:

- Horizonte Plíntico, se presente, não está acima e nem é coincidente com a parte superior do horizonte B textural;
- Horizonte Gleí, se presente, não está acima e nem é coincidente com a parte superior do horizonte B textural.

Os solos da classe de Argissolos representam solos menos desenvolvidos em comparação com os Latossolos por serem moderadamente intemperizados. Por isso, são pouco profundos (1 a 2 m), apresentando diferenciações entre as camadas superficiais e subsuperficiais, como a cor e a textura, onde o teor de argila é maior nas camadas subsuperficiais, o que torna este solo mais vulnerável ao processo de erosão. Possui baixa fertilidade química, com valores baixos de soma de saturação de bases, baixa capacidade catiônica e altos valores de saturação com alumínio, dando por isso, ao solo, um caráter álico (PEREIRA, 2000).

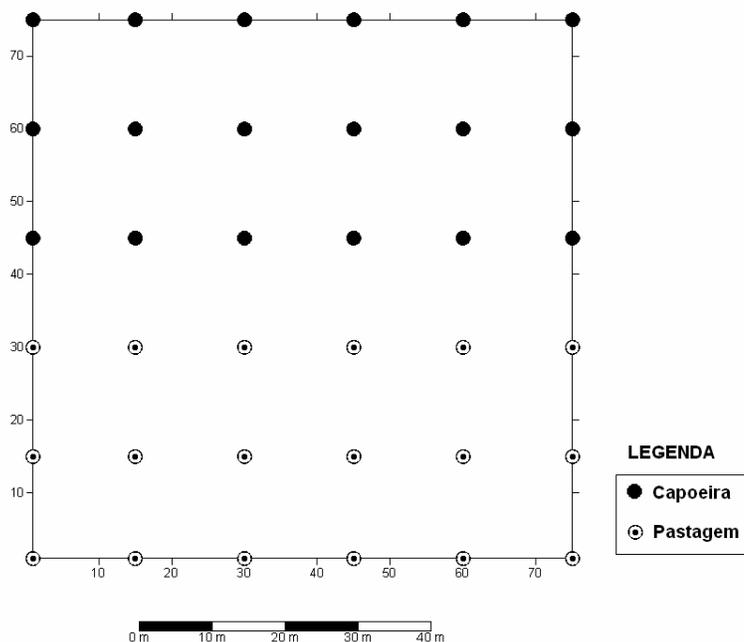
5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM DE CAMPO

Para o estudo foi delimitada uma área contínua numa mesma classe de solo, no caso um Argissolo Vermelho Amarelo Álico plíntico (EMBRAPA, 2006), onde se pode observar a transição de dois diferentes usos (Pastagem Degradada para Capoeira) no campus experimental da EMBRAPA/Porto Velho-RO, totalizando uma área de 5,625 m². Seguiu-se com a descrição morfológica de 1 perfil em cada ambiente para a caracterização principalmente da estrutura do solo nos dois ambientes conforme indicado em Lemos & Santos (1984).

Foram realizados 6 (seis) transectos que atravessaram as duas áreas experimentais, sendo que a cada transecto 3 (três) pontos se localizam na Pastagem Degradada e 3 (três) pontos na Capoeira, totalizando assim 36 pontos de coleta, 18 pontos para cada tipo de uso como pode ser observado na Figura 3. Todos os pontos foram distribuídos de forma sistemática com 15 metros de distância um dos outro para qualquer direção para uma maior representatividade das análises segundo Landim (1998).

Figura 03 – Disposição de pontos amostrais da área de estudo.



5.2 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

Em cada ponto foi coletado amostras para granulometria para a profundidade de 0-20 cm (EMBRAPA, 1997), esta profundidade foi delimitada em função desta, ser a camada de solo onde ocorre a maior influência da compactação animal. Foram coletados para esta profundidade também amostras indeformadas para o cálculo da densidade aparente conforme Miller (1966) e Kiehl (1979), porosidade total (Kiehl, 1979) e umidade atual de acordo com método 1.3 da EMBRAPA (1979), através das seguintes expressões:

Densidade Aparente

Equação (05)

$$D_a = \frac{M}{V}$$

Onde:

M = massa seca a 110°C, expressa em gramas;
V = volume (cm³).

Porosidade Total

Equação (06)

$$PT = \frac{\text{volume de água perdida a } 105^{\circ}\text{C} \times 100}{\text{Volume de amostra}}$$

Umidade Atual

Equação (07)

$$\text{Umidade Volumétrica} = 100 \frac{(a-b)}{C}$$

Onde:

a = peso da amostra úmida (g);
b = peso da amostra seca (g);
C = volume da amostra (cm³).

5.3 ANÁLISES HÍDRICAS DO SOLO

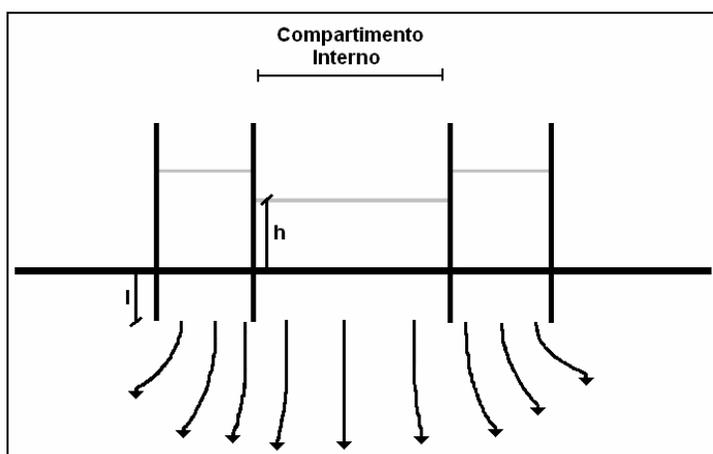
No presente estudo foi utilizado o método denominado como "anéis concêntricos" e foram realizados testes de infiltração com duração de 60 minutos, conforme metodologia descrita por Forsythe (1975) e corroborada por Bertol et al., (2000), não sendo necessário mais tempo nos ensaios de infiltração em função da profundidade estudada estar localizada próxima da superfície 0-20 cm.

O método dos anéis concêntricos (Figura 4) consiste na cravação, na superfície do solo, de dois cilindros concêntricos com diâmetros diferentes. Esse arranjo resulta na delimitação de dois compartimentos que são preenchidos com água: o compartimento externo, delimitado pela parede interior do cilindro de maior diâmetro e pela parede exterior do menor cilindro, e o compartimento interno, totalmente delimitado pela parede interior do cilindro menor.

Durante a execução do ensaio, a água infiltrada no solo a partir do compartimento externo apresentou uma tendência natural de fluir vertical e lateralmente. A saturação do solo nas porções imediatamente abaixo do compartimento externo permite que a água infiltrada a partir do compartimento interno infiltre predominantemente segundo a direção vertical.

Realizaram-se, então, com uma trena, medidas consecutivas das alturas das colunas d'água somente do compartimento interno, tomando-se os respectivos intervalos de tempo decorridos entre uma e outra medida. Para evitar que ocorra infiltração com componente lateral a partir do compartimento interno, é necessário vistoriar constantemente o nível da água no compartimento externo, que deve sempre apresentar um nível d'água mais elevado que o do compartimento interno.

Figura 04 – Modelo esquemático dos anéis concêntricos



Para a estimativa da capacidade de infiltração e condutividade hidráulica vertical (Souza & Campos 2001) foram utilizadas as seguintes equações:

Capacidade de Infiltração

Equação (08)

$$f = fc + (f_0 - fc)e^{-kt}$$

Equação (09)

$$k = \frac{(f_0 - fc)}{Fc}$$

Onde:

f é a capacidade de infiltração no tempo t (mm/h)

f_0 é a capacidade de infiltração inicial para $t = 0$ (mm/h);

fc é a capacidade de infiltração final (mm/h);

k é uma constante para cada curva (h⁻¹);

t é o tempo (h);

FC = área da curva da infiltração

Condutividade Hidráulica

Equação (10)

$$K(m/s) = (1/60.000) \times (I/Dt) \times [\ln(h_0/ht)]$$

Onde:

I - Profundidade de cravação (cm);

h_0 - Coluna d'água inicial;

ht - Coluna d'água final;

Dt - Tempo decorrido para o rebaixamento entre h_0 e ht (s).

5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a análise descritiva dos dados foi utilizado o software GRETl (software de domínio público) de acordo com Cottrell (2004), com o intuito de verificar o comportamento dos dados quanto às medidas estatísticas de posição e de variabilidade, bem como a aderência à distribuição normal. A relação entre os ambientes, foi realizada através de regressões no software Genes (CRUZ, 1997). Posteriormente foi realizada a análise de agrupamentos hierárquica (REIS, 2001) onde se calcula a distância euclidiana entre as variáveis de cada ambiente, e utiliza-se o algoritmo de Ward para a obtenção dos agrupamentos similares. O resultado da análise foi apresentado em forma gráfica (dendrograma) que pode auxiliar na identificação dos agrupamentos.

A variabilidade espacial foi determinada através de dois métodos interpoladores: superfície de tendência e seus respectivos resíduos e por vizinhos naturais no programa computacional Surfer for Windows versão 8.0 (SURFER, 2002). Para a superfície de tendência filtra-se uma tendência global utilizando um polinômio de regressão de 1º grau, isto é, um plano, e, interpolando-se os resíduos, no caso, por Mínima Curvatura, obtém-se a tendência local, evidenciando anomalias positivas e negativas das variáveis. Assim os mapas obtidos podem facilitar a explicação de padrões e tendências observados entre as áreas. (LANDIM 1998).

Superfície de Tendência:

Equação (11)

$$Z^* = a + bX + cY$$

Onde:

Z^* = valor estimado de Z^*_i para o nó da célula (variável dependente)

X e Y = coordenadas X_i e Y_i (variáveis independentes)

a...o = coeficientes que proporcionam o melhor ajuste aos dados amostrados.

O mapa residual da superfície de tendência apresenta a diferença entre o valor da variável no ponto amostrado e o valor interpolado para a elaboração da superfície; quando o valor do ponto amostrado é maior que o valor interpolado, a diferença aparece com valor positivo, caso contrário, a diferença aparece precedida do sinal negativo, através da seguinte equação:

Mapa de Resíduos

Equação (12)

$$Z_{\text{res}} = Z_{\text{dat}} - Z_{\text{grd}}$$

Onde:

Z = variável

Z_{res} = valor residual calculado

Z_{dat} = valor da variável obtido experimentalmente

Z_{grd} = valor da variável estimado por regressão na superfície

Vizinhos Naturais ou *Natural Neighbor* é um método de interpolação espacial, este método é baseado no mosaico de Voronoi de um conjunto discreto de pontos geográficos, e pode ser obtido através da seguinte equação:

Vizinhos Naturais

Equação (13)

$$G(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f(x_i, y_i)$$

Onde:

$G(x, y)$ = estimativa em (x, y)

w_i = pesos

$f(x_i, y_i)$ = dados conhecidos na (x_i, y_i)

Os pesos, w_i , são determinados através de triangulação de Delaunay.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área estudada foi mapeada e classificada em escala de detalhe (1:5000) por Valente et al., (1997) como um Podzólico Vermelho Amarelo plúntico (PVAp). A reclassificação para a atual nomenclatura e seus respectivos atributos, definidos por EMBRAPA (2006), foi realizada por Silva Filho (2009) e renomeado como um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico plúntico, textura argilosa, A moderado, álico (PVAd).

A mancha do PVAd estudada, segundo relatos de funcionários da EMBRAPA, foi utilizada na implementação de experimento agrícola voltado para o desenvolvimento do cultivo da Castanha do Pará na década de 50/60, área que pertencia ao Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Norte, estação experimental de Porto Velho, hoje Superintendência Federal de Agricultura (SFA), sendo contudo esta área repassada à Embrapa Rondônia na época de sua criação . A partir do início da década de 70, quando a área ainda pertencia à SFA, o experimento foi abandonado, sendo, posteriormente, consorciado à pastagem implantada na área.

Até o final da década de 80 as duas áreas de estudo eram utilizadas como pastagem, porém, nos últimos 20 anos, uma das áreas foi abandonada dando origem a uma capoeira, a outra continuou sendo utilizada como uma pastagem consorciada à Castanha do Pará (SILVA FILHO, 2009). Este processo caracterizado pelo abandono das pastagens após a compactação promovida por animais e/ou pela queda na fertilidade do solo, seguida de revegetação natural por capoeira também foi observado por Demattê, (1988); Uhl et al., (1988); Dale, (1994); Steinenger, (2000); Lucas et al., (2000); Morán et al., (2002) em seus estudos.

6.1 ANÁLISE MORFOLÓGICA

Na análise morfológica dos solos, a cor é uma das características que mais chama a atenção e é considerada como uma das propriedades morfológicas mais importantes, não só pela possibilidade de distinção da cor, à primeira vista, como, também, por ser de fácil determinação, permitindo boa caracterização do solo (CAMPO & DEMATTÊ, 2006). Em nossa área de estudo verificamos em função da própria camada analisada (0-20 cm), cores mais escuras ou amarronzadas como pode ser verificado no Quadro 1.

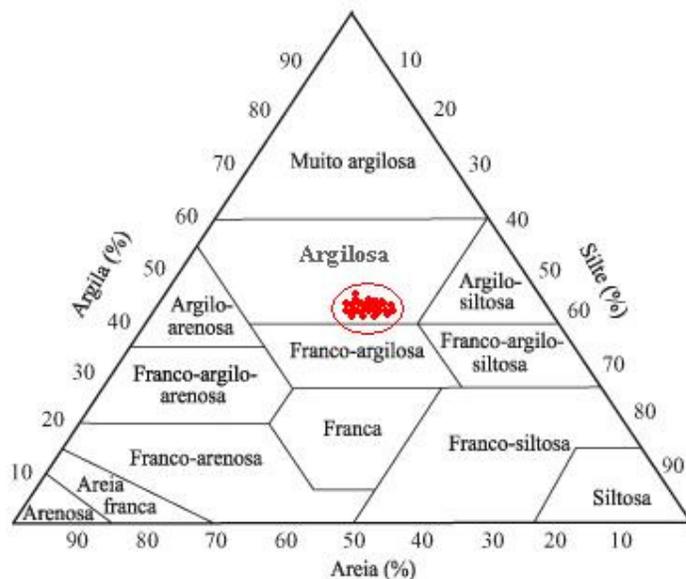
Quadro 01 – Descrição Morfológica do solo em pasto e capoeira (0-20 cm).

Descrição Morfológica		Ambiente	
		Pasto	Capoeira
Cor		Bruno - 10 YR 4/3	Bruno Escuro - 10 YR 3/3
Classe Textural		Argilosa	Argilosa
Estrutura	Grau	Moderada	Fraca
	Tamanho	Pequena	Pequena
	Tipo	Bloco Subangular	Granular
Consistência	Seca	Ligeiramente Dura	Macia
	Úmida	Friável	Muito Friável
Plasticidade		Plástica	Plástica
Pegajosidade		Ligeiramente Pegajosa	Ligeiramente Pegajosa
Raízes		Raízes fasciculadas finas a médias.	Raízes fasciculadas finas a médias com presença de raízes grandes em superfície e subsuperfície.
Porosidade		Poucos, Médios.	Comuns, Médios, Grandes.
Atividade Biológica		Muitas Formigas e Cupins.	Muitas Formigas, Cupins, Aranhas, Mosquitos, Minhocas, Borboletas.

A definição da cor “bruno” na carta de Munsell corresponde segundo diversos autores (SILVA, 1999; LUCHESE et al. 2001, LEPSCH, 2002, BOTELHO et al. 2006) a uma maior influência de matéria orgânica. No pasto e na capoeira a matiz (comprimento de onda da luz) e o croma (intensidade ou pureza da cor em relação ao cinza) são os mesmos, porém, o valor (brilho ou tonalidade) diferencia-se entre os dois usos, tornando-se mais escuro em capoeira, provavelmente em função da maior contribuição de matéria orgânica proveniente da vegetação de maior porte em comparação a pastagem. Os solos mais escuros tendem a ser menos susceptíveis a erosão, em detrimento da maior presença de matéria orgânica, que conferem maior estabilidade aos agregados do solo.

A classe textural se mantém como argilosa em toda a área estudada, não havendo flutuações desta propriedade, podendo ser denominada como uma mancha homogênea, corroborando com dados levantados para esta mesma área em estudos pretéritos de Valente et al. (1997) e Silva Filho (2009). A plasticidade e pegajosidade nos dois ambientes também se mantiveram idênticas reforçando que a área é homogênea quanto à textura (Quadro 1 e Figura 5).

Figura 05 – Classificação textural do solo em pasto e capoeira.



Fonte: Adaptado de Lemos & Santos (1984).

O tipo, tamanho e grau da estrutura no solo pode nos informar sobre seu uso e formação. Em capoeira foi observado a estrutura do tipo granular (Foto 1), pequena, fraca (Quadro 1) este tipo de estrutura favorece uma maior infiltração de água no solo, pois propicia maior porosidade. Costa et al., (1999) também verificou esse processo em seus estudos, dando ênfase que esta característica confere ao solo elevado valor de permeabilidade e condutividade hidráulica.

Foto 1 – Estrutura do solo em capoeira e pastagem.



A estrutura granular reflete condições de uso adequado ou recuperação do solo, pois ocorrendo este tipo de estrutura, pressupõe-se que o ambiente possui uma vegetação que

além de manter o estoque de matéria orgânica, proteja-o de impactos diretos das gotas de chuva, contribuindo diretamente para uma maior atividade biológica no solo (PRIMAVESI, 1984). A manutenção desse ambiente permite a formação de agregados e conseqüentemente maior permeabilidade.

Quando não há preocupação com a formação ou manutenção dos agregados no solo, um dos efeitos imediatos é a compactação, o pisoteio animal modifica a estrutura do solo e afeta diretamente a infiltração de água (CASTRO et al., 2004; TAVARES FILHO et al., 1999). A pastagem em nosso estudo apresentou estrutura em bloco subangular, pequena, moderada e como pode ser observado na Foto 1, esta estrutura é característica em maiores profundidades e quando encontrada na superfície, como em nosso estudo, evidencia o processo de compactação do solo, pois em condições naturais a camada 0-20 cm possuiria estrutura granular (EMBRAPA, 2006; IBGE, 1995).

Estes blocos angulares são mais compactos e conseqüentemente restringem a atividade da fauna edáfica, e se encontrado em superfície, tal fato é agravado e pode provocar também forte redução na condutividade hidráulica, como pode ser observado também em trabalhos realizados por Juhász et al. (2006). Sobre este tipo de estrutura em superfície Baver et al. (1972) comenta que com a compactação do solo formam-se grandes agregados e estes possuem pouca porosidade comprometendo principalmente o processo de infiltração.

Este rearranjo na estrutura do solo da-se em função do pisoteio animal, após uma aglutinação de microagregados em superfície, ocorre a perda de porosidade por selamento superficial, adensando o solo, este processo modifica a estrutura do solo transformando uma estrutura granular em uma estrutura em blocos subangulares (COOPER & TORRADO, 2005). Os indícios de compactação na pastagem e recuperação física do solo em capoeira são reforçados pelos resultados de consistência no Quadro 1. Em pastagem tanto a amostra seca quanto a úmida apresentam-se mais resistentes e compactas quando comparadas com a capoeira.

As observações da camada estudada demonstraram que em pastagem existe forte restrição ao desenvolvimento de plantas e de animais do solo, pois foram observados poucos poros com tamanhos médios e raízes fasciculadas finas e médias, contrapondo uma condição melhorada na capoeira onde foi verificada a presença de poros comuns de

tamanhos médios e grandes com raízes fasciculadas finas e médias e raízes grandes conforme Foto 2.

Foto 2 – Raízes grandes na superfície da capoeira.



A presença de uma maior quantidade de poros estruturais em capoeira é denominada de porosidade tubular ou cavitária, pois são originadas pela ação biológica animal e vegetal (SILVA, 1999). De fato a presença de pedotúbulos em superfície é comum, pois é nesta profundidade que ocorrem as maiores atividades biológicas. Esta presença de poros como canais, câmaras e poros tubulares na capoeira indicam que há uma reestruturação do solo através da atividade biológica, o que é reforçada pela presença de pedotúbulos e restos de raízes. Isto pode favorecer o transporte de fluidos dentro do solo.

6.2 FAUNA EDÁFICA

Em nosso estudo foi observada a existência de uma diferença entre a quantidade e a diversidade da mesofauna e macrofauna em capoeira e pastagem. A mesofauna, é composta por animais de diâmetro corporal entre 100 μm e 2 mm e movimentam-se nos poros e na interface entre a serapilheira e o solo atuando na regulação da população

microbiana, estes animais não são capazes de criar sua própria galeria, sendo por isso particularmente afetados pela compactação do solo (AQUINO, 2005).

Já a macrofauna apresenta diâmetro corporal entre 2 e 20 mm, são animais de grande mobilidade que exercem importante papel no transporte de materiais, tanto para confecção de ninhos e tocas, quanto para construção de galerias que alcançam profundidades variáveis no solo, estes organismos são conhecidos como “engenheiros do sistema” (LAVELLE et al., 1997), devido a sua ação modificadora nas camadas do solo. Suas principais funções são: a fragmentação do resíduo vegetal e sua redistribuição, a predação de outros invertebrados e a contribuição direta na estruturação do solo (SWIFT et al., 1979).

A presença da Meso e Macrofauna no solo melhoram as qualidades físicas como pode ser observado no Quadro 1, onde a estrutura, consistência e porosidade estrutural do solo obtiveram resultados favoráveis em capoeira quando comparadas a pastagem. Estes Insetos, minhocas, besouros e outros constroem galerias que permitem uma maior infiltração de água e circulação de ar, este processo também facilita e estimula a penetração de raízes no ambiente (Foto 3). Wink et al. (2005) comenta que a diversidade de insetos edáficos pode revelar o nível de qualidade ambiental de um solo.

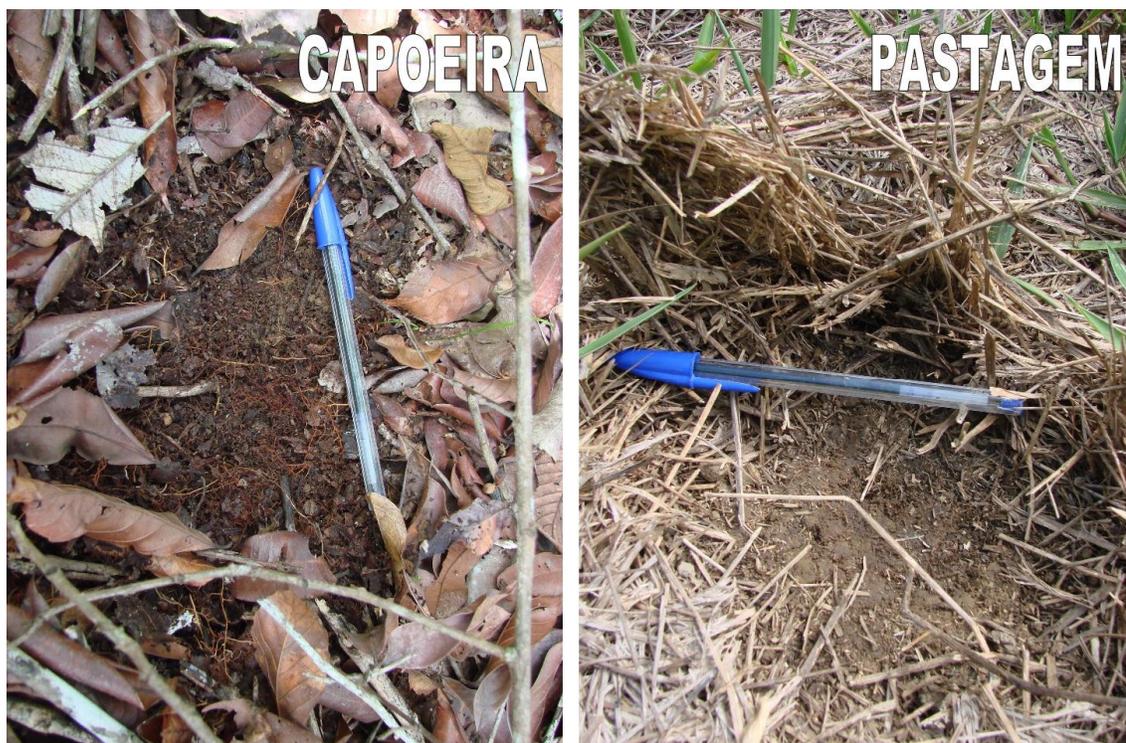
Foto 3 – Presença de macrofauna (minhoca) abundante em capoeira.



A capoeira possui características como acumulação de biomassa, estoque de nutrientes, regulação microclimática que acabam por promover condições favoráveis em termos de umidade, temperatura e incidência solar para o desenvolvimento de uma maior diversidade de organismos (FERREIRA & MARQUES, 1998). Esta diferença na diversidade da fauna do solo encontrada entre os ambientes de pastagem e capoeira está relacionada com a grande variedade de recursos e microhabitats que o sistema solo-serapilheira oferece (MOÇO et al., 2005), como pode ser visualizado na Foto 4, a serapilheira em capoeira pode produzir segundo Wandelli et al., (1997) 8,2 t/ha, valor este que é altamente significativo, esta maior produção de serapilheira em capoeira na Amazônia também foi averiguada por Flores et al., (2007).

A maior diversidade e quantidade de fauna edáfica na capoeira quando comparada à pastagem foi confirmada por Manhães et al., (2007), evidenciando o maior equilíbrio ecológico na capoeira, outros autores como Machado et al., (2008) confirmam em seus resultados um maior aporte na serapilheira da capoeira se comparada a pastagem e apontam esta propriedade (serapilheira) como um bom indicador da recuperação de sistemas florestais.

Foto 4 – Serapilheira em ambiente de capoeira e pastagem.



Na pastagem as atividades biológicas (Meso e Macrofauna) diminuem substancialmente conforme pode ser analisado no Quadro 1, e vários fatores estão ligados a este processo, dentre eles a compactação por pisoteio animal (RODRIGUES et al., 2000), a insolação direta no solo e a compactação por impactos diretos das gotas de chuvas, este último, se deve ao fato da vegetação em pastagem ser esparsa, uma vez que as árvores têm papel mais efetivo na diminuição do efeito splash, interceptando boa parte das gotas de chuva antes de seu impacto direto no solo. A vegetação rasteira forma um "tapete de proteção", enquanto as árvores e arbustos atuam mais significativamente como "pinos de fixação", preservando a camada mais superficial do solo.

A degradação na área de pastagem contribui para o desaparecimento da maioria dos animais do solo, sobrando somente algumas espécies que suportam as condições adversas, e estes tem sua proliferação garantida por falta de inimigos como as formigas na Foto 5. Fragoso et al., (1999) aponta em seus estudos que em pastagens ocorre uma depleção pronunciada da macrofauna, o mesmo autor indica que esta macrofauna, principalmente as minhocas, podem ser consideradas como indicadores da recuperação quanto a qualidade física de um solo, em nosso estudo não foi encontrado minhocas nas trincheiras de pastagem sendo somente observado a presença das mesmas na capoeira como pode ser confirmado na Foto 3.

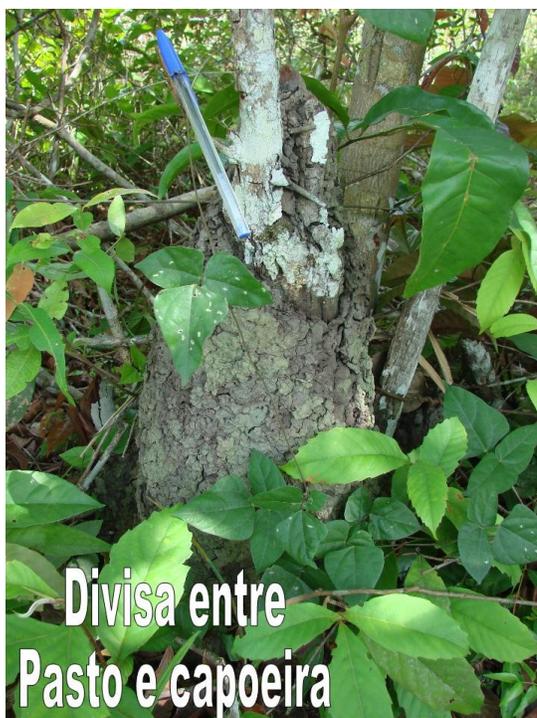
Foto 5 – Macrofauna (formigas) abundante em pastagem.



Formigas e cupins foram observados com abundância na pastagem como pode ser observado na Foto 5, 6 e Quadro 1, de acordo com Spain & Gualdrón (1991); Santos (2007) e Silva Filho (2009), a ocorrência em grande número de cupins de montículo e formigas é um retrato bastante característico de áreas de pastagens degradadas nos trópicos. Na capoeira também foi encontrado certa quantidade de cupins de montículos em galhos de árvores (Foto 6), e a presença destes animais em capoeira confirma o histórico da área como sendo uma antiga pastagem degradada em pousio por 20 anos e pode ser justificada também pela proximidade com a área de pastagem, facilitando assim o trânsito destes animais para a capoeira, onde a oferta de alimentos é abundante.

Rousseau et al., (2007) também encontrou em seus estudos a presença de cupins em capoeiras, concluindo que estes podem melhorar a porosidade através dos pedotúbulos, o mesmo autor ainda afirma que os estudos sobre as capoeiras na Amazônia e sua possível reutilização, têm papel determinante tanto para a recuperação da biodiversidade do solo como para aliviar a pressão sobre as florestas primárias.

Foto 6 – Montículo de cupim em pasto e capoeira.



Como já citado anteriormente a diferença na cobertura do solo entre os dois ambientes estudados influencia de forma contundente sobre a estrutura e consequentemente sobre a fauna no solo, a ação do splash segundo GUERRA & GUERRA, (1997) é praticamente nula em ambientes com cobertura vegetal de maior porte como na capoeira analisada, pois as gotas não atingem o solo diretamente, escorrendo nos troncos e galhos das árvores conforme a visualização na Foto 7. A proteção do solo pelas formações arbóreas contra o impacto direto da chuva foi verificada por Young (1997), onde o autor constatou que além de melhorar as qualidades físicas do solo, pode-se manter o teor de matéria orgânica do ambiente.

Foto 7 - Proteção natural em capoeira contra splash.



Na pastagem a cobertura vegetal é menos densa que a capoeira, e em muitas áreas devido ao pisoteio animal excessivo, o solo fica totalmente exposto à incidência do sol e a ação destruidora da chuva (Foto 8), que além de provocar a ruptura dos agregados, promove o selamento na superfície do solo através das partículas soltas e transportadas pela ação do salpicamento (GUERRA, 1999). Com isso podem-se formar crostas, que diminuem as taxas de infiltração e aumentam o escoamento superficial.

Foto 8 – Diferença entre a proteção do solo em pastagem e capoeira.

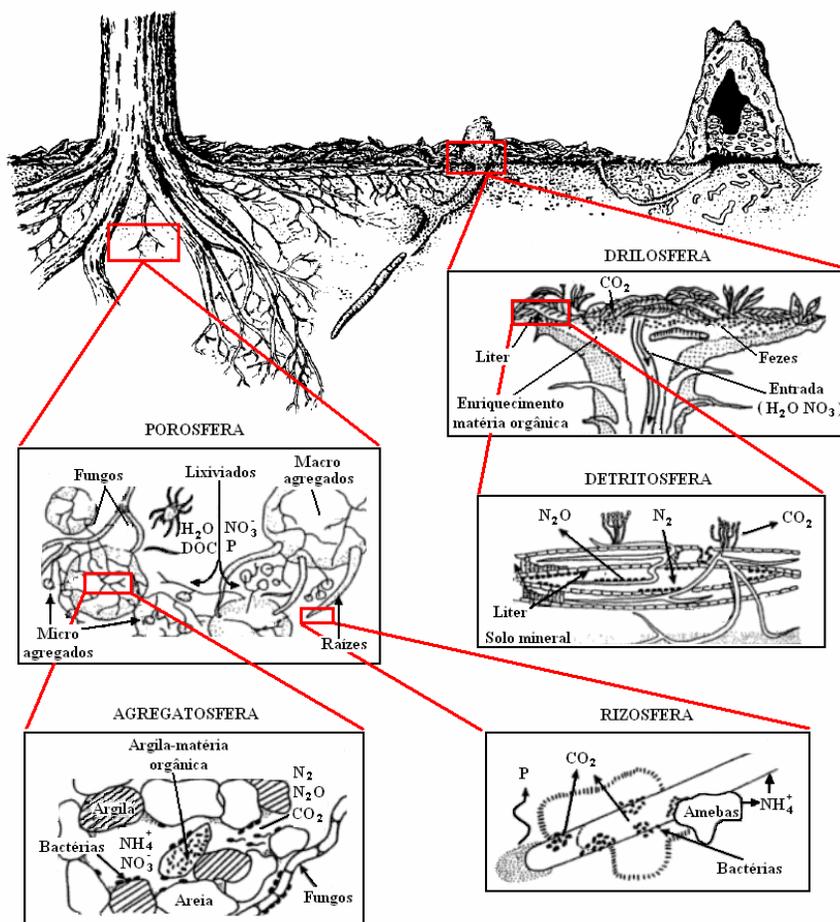


Com a incidência solar diretamente no solo a maioria dos animais edáficos morre, pois são antifototrópicos, a situação é potencializada se além de desnudo o solo for compacto como ocorre em pastagem, impedindo a fauna edáfica de se refugiar em áreas mais profundas do perfil. Pode ocorrer também um aumento da temperatura no solo de pastagem, o que resulta em diminuição da fauna edáfica (PRIMAVESI, 1984).

Nesse sentido com o intuito de ilustrar a dimensão dos impactos na fauna edáfica causados pelo uso inadequado (super pastejo) do solo, Beare et al., (1995) elaborou um modelo hierárquico de esferas de influência que incluem a detritosfera, drilosfera, porosfera, agregatosfera e rizosfera (Figura 6), essas esferas são formadas e mantidas por influências biológicas que operam em diferentes escalas de tempo e espaço. A formação das esferas de influência depende da existência de vegetação que proteja o solo e crie condições para o estabelecimento principalmente da macrofauna ou engenheiros do sistema (CORREIA, 2002).

No modelo proposto por Beare et al., (1995) a detritosfera é a zona de detritos animais e vegetais em decomposição comumente conhecida por serapilheira. Nas Fotos 4 fica claro que em capoeira a serapilheira é mais proeminente e nestas áreas podem se constituir diferentes tipos de microhabitat para a fauna do solo.

Figura 06 – Modelo hierárquico de esferas de influência biológica no solo.



Fonte: Adaptado de Beare et al., (1995).

A drilosfera corresponde à zona de influência criada pela ação das minhocas e se estende da serapilheira ao volume do solo ao redor das galerias como pode ser analisado na figura 6, e este microambiente é mais abundante em capoeira se comparada à pastagem, pois as minhocas têm dificuldades de sobrevivência em áreas compactadas. A porosfera são os macroporos cilíndricos criados pelas raízes e macrofauna em geral, estes canais favorecem o fluxo de água e nutrientes no solo e em pastagens degradadas este microambiente é muito reduzido ou inexistente.

Na agregatosfera encontramos o conjunto de componentes orgânicos e minerais, este microhabitat está necessariamente ligado a bioturbação e manutenção de matéria orgânica, sendo que em pastagem degradada em função do pisoteio animal os agregados são compactados, destruindo este microambiente.

A rizosfera é a zona de influencia das raízes, e favorece a formação de agregados no solo mantendo grandes comunidades da fauna edáfica, em capoeira a diversidade e profundidade de raízes é superior à pastagem, portanto, neste ambiente as condições para uma possível reestruturação física do solo através da fauna edáfica se fazem presentes. Primavesi (1984) acrescenta que a rizosfera tem grande importância em solos pobres ou degradados, uma vez que a raiz excreta substâncias orgânicas que alimentam os micro-organismos, e estes, excretam enzimas que estimulam o crescimento vegetal.

6.3 DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA

As propriedades físicas do solo possuem grande variabilidade, pois inúmeros fatores podem influenciar na distribuição e magnitude dos mesmos. Diversos autores (WARRICK & NIELSEN, 1980; KUTILEK & NIELSEN, 1994; COOLEY, 1999; DIIWU et al., 2001), corroboram esta afirmação, concluindo que embora os dados referentes a propriedades físicas do solo apresentem valores diferenciados, estes, não podem ser considerados como discrepantes.

Na tabela 2, são apresentados os resultados das medidas estatísticas para a Densidade Aparente (DAP), disponíveis nos Apêndices A e B, nota-se que os valores de posição (média e mediana) são muito próximos para todos os ambientes e profundidades, isto é um indicativo de que os valores se encontram distribuídos simetricamente ao redor da média e da mediana, e que estas medidas podem ser consideradas representativas do conjunto de valores. Estas medidas de posição podem ser observadas no gráfico 1.

Tabela 02 - Estatística descritiva dos dados de densidade aparente.

Estatística Descritiva	Densidade Aparente (g/cm ³)			
	Pasto		Capoeira	
	0-10 cm	11-20 cm	0-10 cm	11-20 cm
Mínimo	1,074	1,041	0,999	0,927
1st quartil	1,155	1,134	1,060	1,040
Mediana	1,313	1,279	1,122	1,112
3rd quartil	1,344	1,315	1,171	1,129
Máximo	1,381	1,399	1,224	1,178
Intervalo	0,308	0,358	0,225	0,251
Soma	22,769	22,143	20,082	19,642
Média	1,265	1,230	1,116	1,091
Curtose (Pearson)	-1,289	-1,296	-1,367	-0,252
Assimetria (Pearson)	-0,619	-0,466	-0,144	-0,889
Curtose	0,394	0,313	0,399	0,290
Assimetria	-0,737	-0,555	-0,172	-1,059
CV % (Coeficiente de Variação)	8,2	9,4	5,9	6,2
Variância da Amostra	0,011	0,013	0,004	0,005
Desvio Padrão	0,103	0,116	0,066	0,068
Erro Padrão	0,024	0,027	0,015	0,016

Através da análise de dispersão de dados, ficam evidentes os baixos valores do desvio padrão e variância da amostra para DAP, estes, indicam a existência de pouca dispersão de dados. Os coeficientes de variação (CV) para a densidade aparente em pasto e capoeira, também apontam resultados com pouca dispersão; DAP possui valores abaixo de 12%, e conforme a Tabela 3 devem ser classificados como amostras com “baixa” variação ou homogêneas (Warrick & Nielsen, 1980).

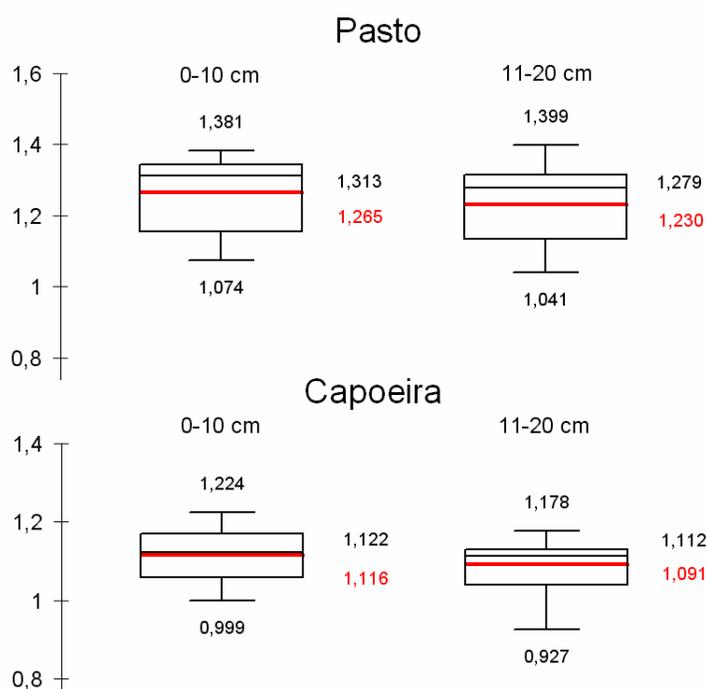
Tabela 03 – Classificação de coeficiente de variação para todos os dados.

Ambiente	Variáveis	Coeficiente de Variação (%)		
		Baixo ≤ 12%	Médio >12% < 60%	Alto ≥ 60%
Pasto	DAP 0-10	8,2		
	DAP 11-20	9,4		
	PT 0-10	9,2		
	PT 11-20	10,8		
	U% 0-10	12,0		
	U% 11-20		15,9	
	I ACUM		46,3	
	VIB			67,3
	K		55,4	
Capoeira	DAP 0-10	5,9		
	DAP 11-20	6,2		
	PT 0-10	3,9		
	PT 11-20	5,1		
	U% 0-10		12,9	
	U% 11-20	8,2		
	I ACUM		32,7	
	VIB		43,0	
	K			76,8

Fonte: Warrick & Nielsen (1980)

Pelos coeficientes de curtose observados na Tabela 2, tem-se que as variáveis podem ser consideradas platicúrticas, esta classificação tem por característica uma curva de frequência mais aberta, com os dados fracamente concentrados em torno de seu centro (REIS, 1998); o valor encontrado na Capoeira 11-20 cm de profundidade é o dado que mais se aproxima de uma normalidade como pode ser notado no Gráfico 1.

Quanto aos dados de assimetria, observamos que todos os dados situam-se abaixo de zero, caracterizando segundo Góes (1980), como uma assimetria negativa, moderada a esquerda, no entanto, como a média é praticamente igual a mediana em alguns casos, como na capoeira 0-10 cm, esta assimetria pode ser considerada pequena de acordo com Mesquita et al., (2003). Este comportamento pode ser visualizado no Gráfico 1.

Gráfico 01 - Box plots dos dados de densidade aparente.

Os valores de porosidade total (PT) disponíveis nos Apêndices A e B, estão caracterizados estatisticamente na Tabela 4, e similarmente aos dados de densidade aparente, os parâmetros de posição, como a média e a mediana, estão bem próximos. A diferença entre estas medidas no pasto é de apenas 1,1% para a profundidade 0-10 cm, 0,5% para 11-20 cm, já na capoeira na profundidade 0-10 cm a diferença é de 0,7%, e em 11-20 cm de 0,1%, evidenciando uma acentuada concentração dos pontos em torno da média. Esta boa distribuição pode ser observada no Gráfico 2.

Na Tabela 4 também pode-se averiguar os resultados referentes as medidas de dispersão dos dados da porosidade total. Os coeficientes de variação das amostras analisadas apontam para uma baixa dispersão segundo Warrick & Nielsen (1980), esta classificação está disponível na Tabela 3. As pequenas variações nos dados de porosidade total, também são confirmadas pelos baixos índices do desvio padrão.

Tabela 04 - Estatística descritiva dos dados de porosidade total.

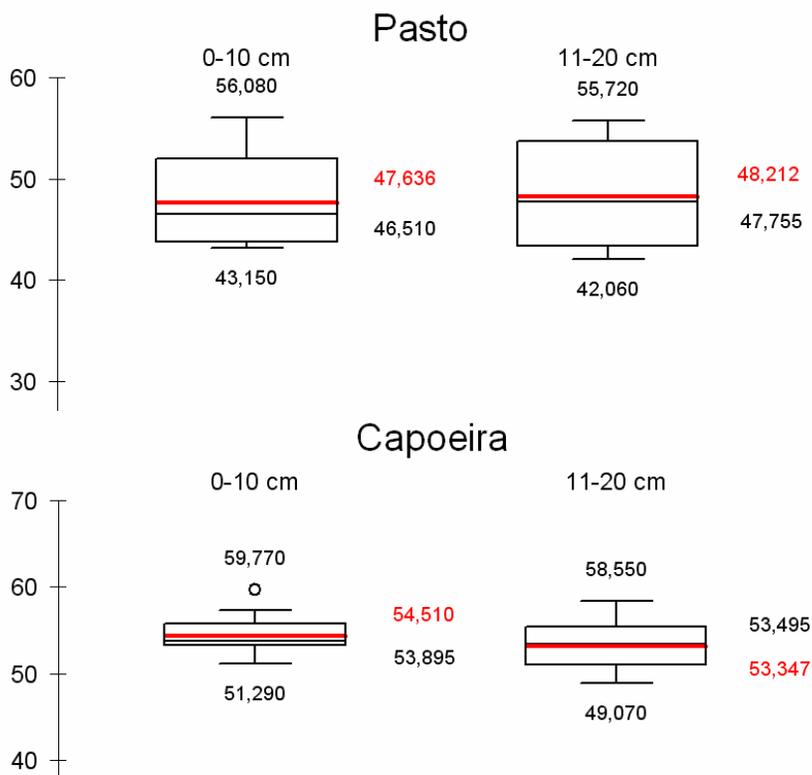
Estatística Descritiva	Porosidade Total (%)			
	Pasto		Capoeira	
	0-10 cm	11-20 cm	0-10 cm	11-20 cm
Mínimo	43,150	42,060	51,290	49,070
1st quartil	43,780	43,400	53,410	51,140
Mediana	46,510	47,755	53,895	53,495
3rd quartil	51,990	53,700	55,850	55,580
Máximo	56,080	55,720	59,770	58,550
Intervalo	12,930	13,660	8,480	9,480
Soma	857,440	867,820	981,180	960,240
Média	47,636	48,212	54,510	53,347
Curtose (Pearson)	-1,287	-1,754	0,021	-0,994
Assimetria (Pearson)	0,549	0,172	0,813	0,287
Curtose	0,388	0,418	0,239	0,363
Assimetria	0,654	0,205	0,968	0,342
CV % (coeficiente de variação)	9,2	10,8	3,9	5,1
Variância da Amostra	19,186	27,018	4,467	7,286
Desvio Padrão	4,380	5,198	2,113	2,699
Erro Padrão	1,032	1,225	0,498	0,636

Segundo Reis (1998), os dados referentes à curtose da porosidade total devem ser classificados, pois facilitam na análise prévia acerca da distribuição; na pastagem e em suas respectivas profundidades a curtose apresentou-se como platicúrtica, ou seja, dados distribuídos numa curva mais aberta.

No ambiente de capoeira a profundidade 11-20 cm também possui uma curtose platicúrtica, porém a profundidade 0-10 cm é classificada como leptocúrtica, ou seja, a distribuição apresenta uma curva de frequência bastante fechada, com os dados fortemente concentrados em torno de seu centro, e o índice encontrado para esta profundidade é muito próximo da curva normal, e pode ser visualizado no Gráfico 2.

Os dados de PT quanto à assimetria demonstram que para essa propriedade ocorre o oposto da densidade aparente, ou seja, apresentam assimetria moderada a direita do centro, ou assimetria positiva, apenas para a profundidade 11-20 cm na capoeira, observamos certa igualdade em seus valores, podendo ser classificada como uma curva simétrica, esta característica quanto a distribuição é melhor visualizada no Gráfico 2.

Gráfico 02 - Box plots dos dados de porosidade total.



A descrição estatística dos dados de umidade atual (Apêndices A e B) pode ser verificadas na Tabela 5, sendo que as medidas de tendência central desse parâmetro possuem valores na pastagem que variam de 0,4% em superfície (0-10 cm) e de 2% em subsuperfície (10-20 cm). Em capoeira a variação é de 0,4% em 0-10 cm e 0,5% para a profundidade 11-20 cm, nos dois ambientes fica evidente a proximidade numérica da média e mediana, confirmando que estes parâmetros podem ser utilizados como representativos do grupo de dados.

A umidade atual possui valores de dispersão como o desvio padrão e o coeficiente de variação indicando leve homogeneidade como pode ser verificado na Tabela 3. A maior variação está na pastagem entre 11-20 cm, com 15,9%, porém esta variação ainda está muito próxima do limite de 12% definido por Warrick & Nielsen (1980), esta maior variação corresponde à maior diferença entre média e mediana (2%) conforme citado no parágrafo, no Gráfico 3 pode ser confirmada a posição entre estes valores de tendência central e de dispersão.

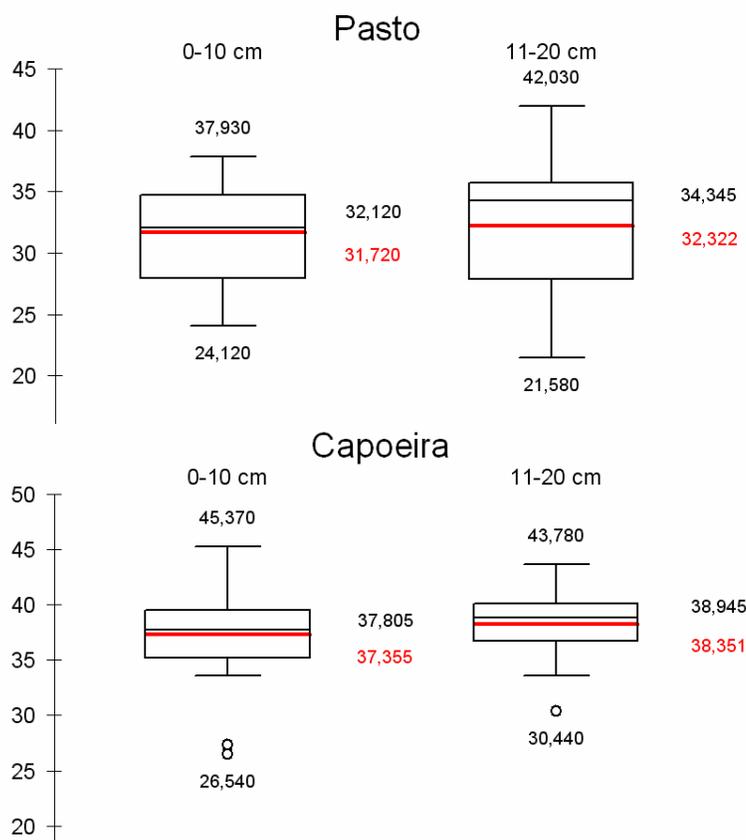
Tabela 05 - Estatística descritiva dos dados de umidade atual.

Estatística Descritiva	Umidade Atual (%)			
	Pasto		Capoeira	
	0-10 cm	11-20 cm	0-10 cm	11-20 cm
Mínimo	24,120	21,580	26,540	30,440
1st quartil	28,030	27,960	35,320	36,760
Mediana	32,120	34,345	37,805	38,945
3rd quartil	34,810	35,770	39,590	40,190
Máximo	37,930	42,030	45,370	43,780
Intervalo	13,810	20,450	18,830	13,340
Soma	570,960	581,800	672,390	690,320
Média	31,720	32,322	37,355	38,351
Curtose (Pearson)	-0,964	-0,698	0,060	0,243
Assimetria (Pearson)	-0,454	-0,375	-0,677	-0,655
Coefficiente de Curtose	0,375	0,380	0,199	0,262
Assimetria	-0,541	-0,447	-0,807	-0,780
CV % (coeficiente de variação)	12,0	15,9	12,9	8,2
Variância da Amostra	14,484	26,348	23,289	9,890
Desvio Padrão	3,806	5,133	4,826	3,145
Erro Padrão	0,897	1,210	1,137	0,741

O coeficiente de curtose, disponível na Tabela 5, para a pastagem foi classificado como platicúrtica para as duas profundidades, com uma distribuição mais aberta, conforme visualizado no Gráfico 3. Em capoeira este coeficiente se mostra diferenciado, apresentando uma distribuição leptocúrtica para a profundidade de 0-10 cm, e mesocúrtica para a profundidade 11-20 cm, esta última forma de distribuição é classificada como normal, pois ocorre quando os dados estão razoavelmente concentrados em torno de seu centro, foi nesta profundidade que observamos o menor valor de coeficiente de variação e uma das menores diferenças entre média e mediana (Tabela 5).

Os dados relacionados à assimetria demonstram que os dados na pastagem apresentam assimetria negativa ou a esquerda do centro. Em capoeira a curva pode ser considerada simétrica, pois os valores de média e mediana estão bem próximos. A forma de distribuição é apresentada no Gráfico 3.

Gráfico 03 - Box plots dos dados de umidade atual.



Os dados referentes à estatística descritiva dos parâmetros hídricos (Apêndices C e D): infiltração acumulada (Inf acum.), velocidade básica de infiltração (VIB) e condutividade hidráulica (K) estão disponíveis na Tabela 6. As medidas de tendência central para estas variáveis demonstram uma grande diferença entre os valores tanto em pastagem quanto em capoeira. A amplitude total desses índices e a diferença entre os valores máximos e mínimos evidenciam a extensa faixa de dados, isto ocorre em função de inúmeros fatores que podem influenciar o processo de infiltração de água no solo. Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os encontrados por Mesquita et al. (2003), que também observou esta grande amplitude.

O alto desvio padrão e o C.V. dos índices hídricos são bons indicativos da grande variabilidade numérica desses atributos (Tabela 6). Todos os parâmetros hídricos possuem coeficientes de variação acima de 12% e abaixo de 60%, sendo classificados de acordo com a Tabela 3 (WARRICK & NIELSEN, 1980) como médio, exceto os valores de VIB em pastagem e K (condutividade hidráulica) em capoeira, onde foi observado um C.V.

superior a 60%, sendo de 67% e 76% respectivamente, caracterizando uma alta variação (Tabela 3). Esta elevada dispersão também foi encontrada por Gupta et al. (1993), Kutilek & Nielsen (1994), Bosch & West (1998), Mesquita et al. (2003).

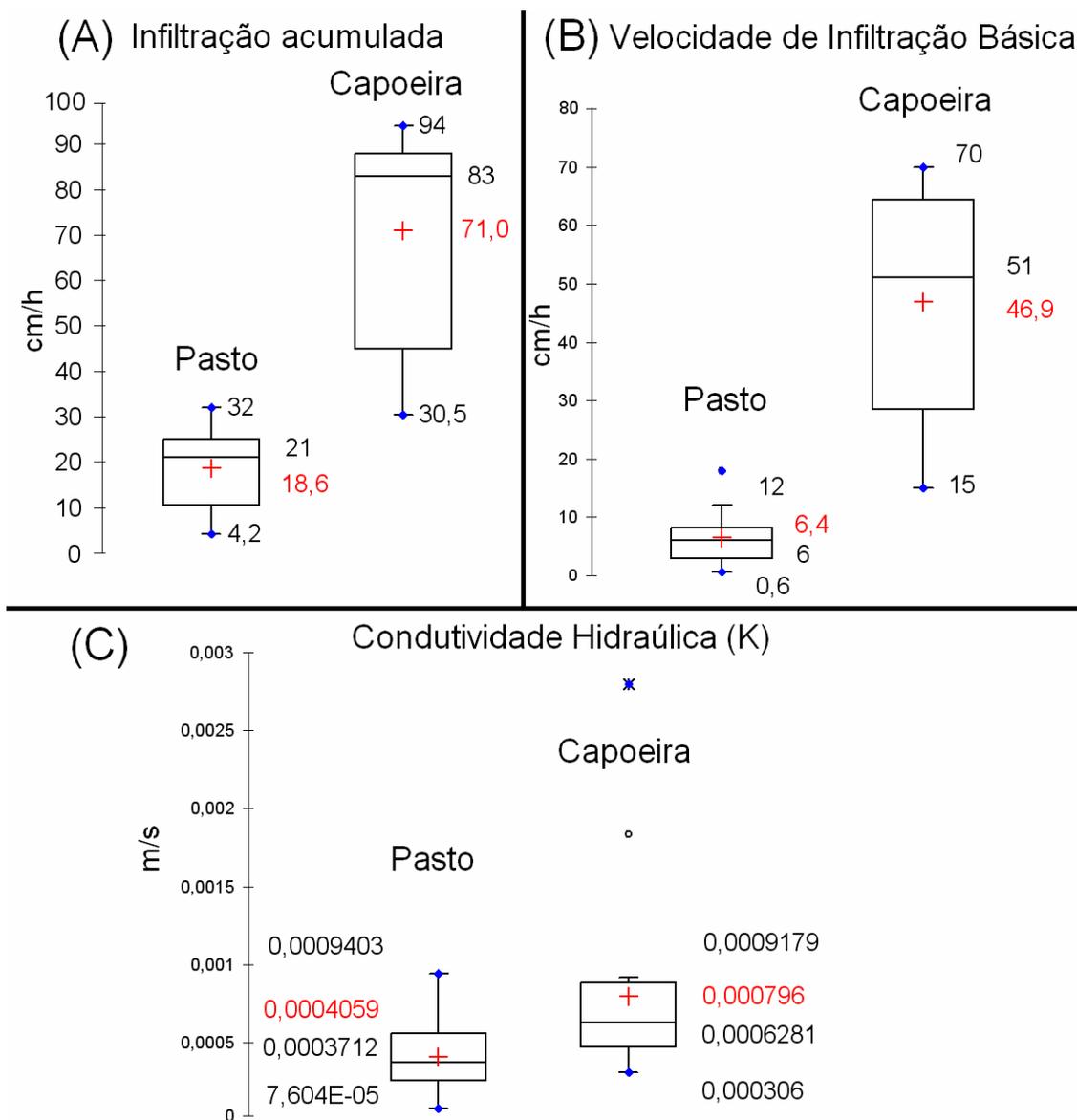
Tabela 06 - Estatística descritiva dos dados de Infiltração Acumulada, VIB, K.

Estatística Descritiva	Inf Acum. (cm/h)		VIB (cm/h)		K (m/s)	
	Pasto	Capoeira	Pasto	Capoeira	Pasto	Capoeira
Mínimo	4,200	30,500	0,600	15,000	7,60E-05	3,06E-04
1st quartil	10,500	40,500	3,000	24,000	2,48E-04	4,59E-04
Mediana	21,000	83,000	6,000	51,000	3,71E-04	6,28E-04
3rd quartil	25,500	88,000	9,000	65,000	5,60E-04	9,18E-04
Máximo	32,000	94,000	18,000	70,000	9,40E-04	0,003
Intervalo	27,800	63,500	17,400	55,000	8,64E-04	0,002
Soma	335,200	1277,500	115,800	845,000	0,007	0,014
Média	18,622	70,972	6,433	46,944	4,06E-04	7,96E-04
Curtose (Pearson)	-1,356	-1,385	0,534	-1,435	-0,459	3,961
Assimetria (Pearson)	-0,347	-0,701	0,973	-0,423	0,439	2,111
Coefficiente de Curtose	0,359	0,441	0,314	0,395	0,311	0,240
Assimetria	-0,414	-0,835	1,159	-0,504	0,523	2,515
CV %	46,3	32,7	67,3	43,0	55,4	76,8
Variância da Amostra	74,204	539,779	18,754	408,144	5,05E-08	3,73E-07
Desvio Padrão	8,614	23,233	4,331	20,203	2,25E-04	6,11E-04
Erro Padrão	2,030	5,476	1,021	4,762	5,30E-05	1,44E-04

O coeficiente de curtose apresentou-se platicúrtico para todos os parâmetros em pastagem, em capoeira ocorre o mesmo, exceto com a condutividade hidráulica que neste ambiente possui uma curtose leptocúrtica, porém muito próxima de uma curva normal ou mesocúrtica como pode ser visualizado no Gráfico 4 (A, B, C).

Os dados de infiltração acumulada possuem distribuição assimétrica negativa para os dois ambientes, ver Gráfico 4 (A), os índices de VIB para a pastagem são bem próximos de uma normalidade como pode ser visto no Gráfico 4 (B) com assimetria levemente positiva, já em capoeira nota-se forte assimetria negativa. A condutividade hidráulica para os dois ambiente é assimétrica positiva, com fortes variações, conforme Gráfico 4 (C).

Gráfico 04 – Box plots dos dados referentes aos parâmetros hídricos.



6.4 ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

6.4.1 Densidade Aparente (DAP)

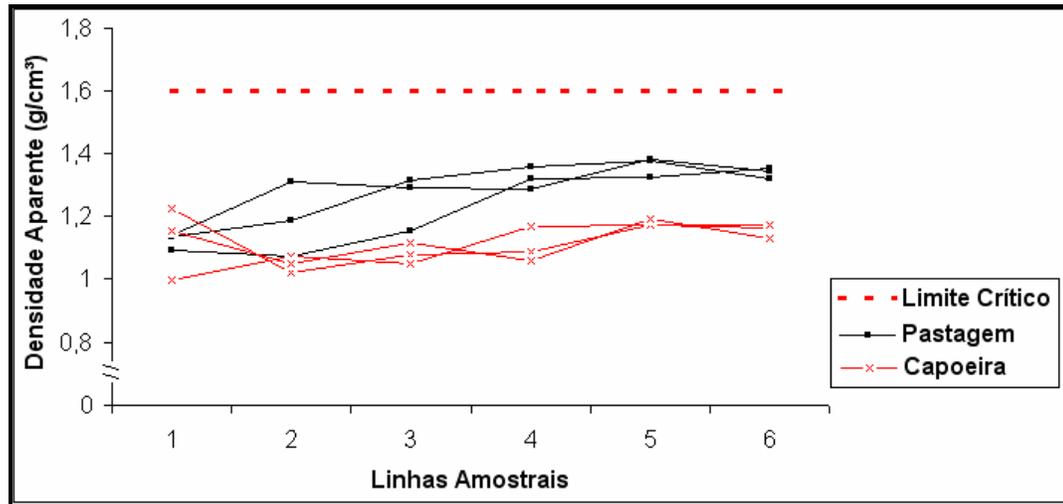
Diversos problemas estão associados às transformações na paisagem Amazônica, dentre estes, as alterações nas propriedades físicas do solo possuem grande destaque, pois podem refletir as condições quanto à densidade e porosidade do solo o que consequentemente afeta a infiltração de água.

Em áreas com pastagens degradadas, ocorre a destruição dos agregados, compactando o solo, e seu efeito imediato é o aumento da densidade aparente. Em Rondônia essa dinâmica já foi avaliada por outros autores (LIMA et al., 2008; SILVA FILHO & CARNEIRO, 2002; SILVA FILHO et al., 2007; SILVA FILHO, 2009) e comprovou-se que há um aumento da densidade do solo em função das transformações de florestas em pastagens.

No Gráfico 5 foi utilizado todos os dados referentes a densidade aparente em 0-10 cm de profundidade (Apêndice A e B) e um limite de crítico de $1,60 \text{ g/cm}^3$ que foi definido por diversos autores (KIEHL, 1979; PRIMAVESI, 1984; LAL, 1999; CARVALHO JR. et al., 1998) como sendo um valor sinônimo de alta compactação ou solo degradado. Em capoeira entre 0-10 cm de profundidade a maior densidade aparente observada foi de $1,22 \text{ g/cm}^3$ e a menor de $0,99 \text{ g/cm}^3$, estes dois valores foram os únicos que não estão entre $1,00 \text{ g/cm}^3$ e $1,20 \text{ g/cm}^3$, o que equivale a 5,56% e 5,56% respectivamente para este ambiente, notamos também que 50% de pontos estão localizados entre $1,01$ e $1,15 \text{ g/cm}^3$, índices considerados baixos, entre $1,15$ e $1,20 \text{ g/cm}^3$ estão 38,89% das amostras analisadas, estes resultados evidenciam que a maior parte do solo nesta profundidade não está compactada. O acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo em capoeira favorece a reestruturação do solo, resultados semelhantes foram observados por Costa et al. (2003).

Em pastagem, diferentemente da capoeira, não foi observado nenhum ponto abaixo de $1,00 \text{ g/cm}^3$, os menores valores na pastagem foram de $1,07$ e $1,09 \text{ g/cm}^3$ que equivalem a apenas 11,11% do total. Ao contrário da capoeira onde foi detectada a maior quantidade de pontos entre $1,11$ a $1,20 \text{ g/cm}^3$, na pastagem apenas 22,22% dos pontos estão nesta faixa classificatória. A compactação na pastagem fica clara quando concluímos que 66,67% dos pontos amostrais estão acima de $1,30 \text{ g/cm}^3$, sendo que o maior valor observado foi de $1,38 \text{ g/cm}^3$.

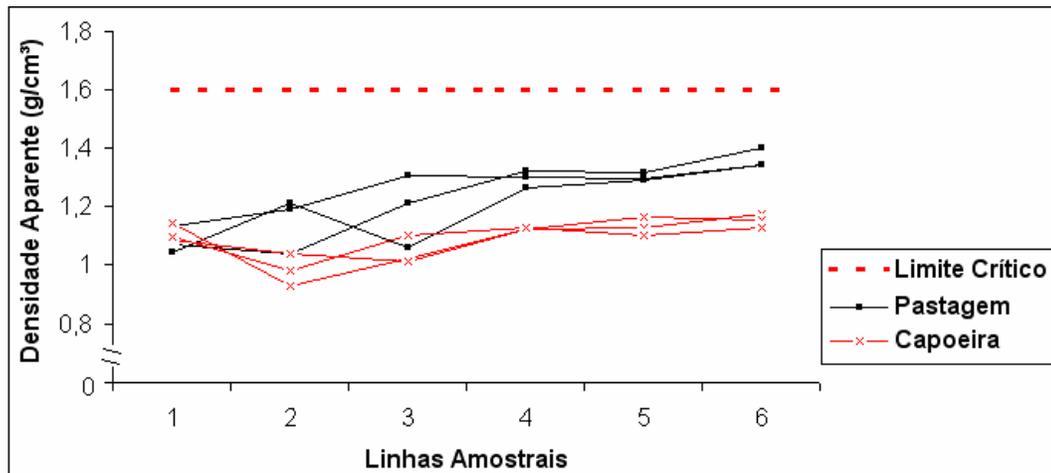
Gráfico 05 – Distribuição e classificação da densidade aparente 0-10 cm.



Na profundidade 11-20 cm (Gráfico 6) em pastagem foi atingido o maior índice de densidade aparente em nosso estudo com o valor foi de $1,39\text{g/cm}^3$, cabe ressaltar que mesmo com esse pico de densidade, o valor médio em pastagem é superior entre 0-10 cm, corroborando com diversos trabalhos (CARVALHO, 1976; CORREA & REICHARDT, 1995; SECCO et al., 2000; VZZOTTO et al., 2000; SANTI et al., 2004; SÁ & SANTOS JUNIOR, 2005; BRAGAGNOLO et al., 2007; CASSIA et al., 2008) que definem a camada entre 0-10 cm como sendo a mais afetada pelo pisoteio animal. Entre 11-20 cm da pastagem foi observado que 66,67% das amostras relativas a densidade aparente estão acima de $1,30\text{ g/cm}^3$, e o menor valor nesta profundidade foi de $1,04\text{ g/cm}^3$, sendo que apenas 22% dos pontos estão abaixo de $1,10\text{ g/cm}^3$, comprovando a compactação em pastagem.

Em capoeira a densidade aparente apresentou baixos valores de compactação para a profundidade 11-20 cm, demonstrando uma melhora significativa se comparado à pastagem. O maior valor para a profundidade 11-20 cm, foi de $1,17\text{g/cm}^3$, que é inferior ao maior índice observado neste mesmo ambiente para a profundidade 0-10 cm, com o valor de $1,22\text{ g/cm}^3$. A recuperação física da capoeira é reforçada com os dados da profundidade 11-20 cm, onde foi registrado que 83,3% dos pontos estão abaixo de $1,15\text{ g/cm}^3$ e seu menor valor foi de $0,92\text{ g/cm}^3$, com estes índices não fica caracterizado um solo compactado (SÁ & SANTOS JUNIOR, 2005).

Gráfico 06 – Distribuição e classificação da densidade aparente 11-20 cm.



6.4.2 Porosidade Total (PT)

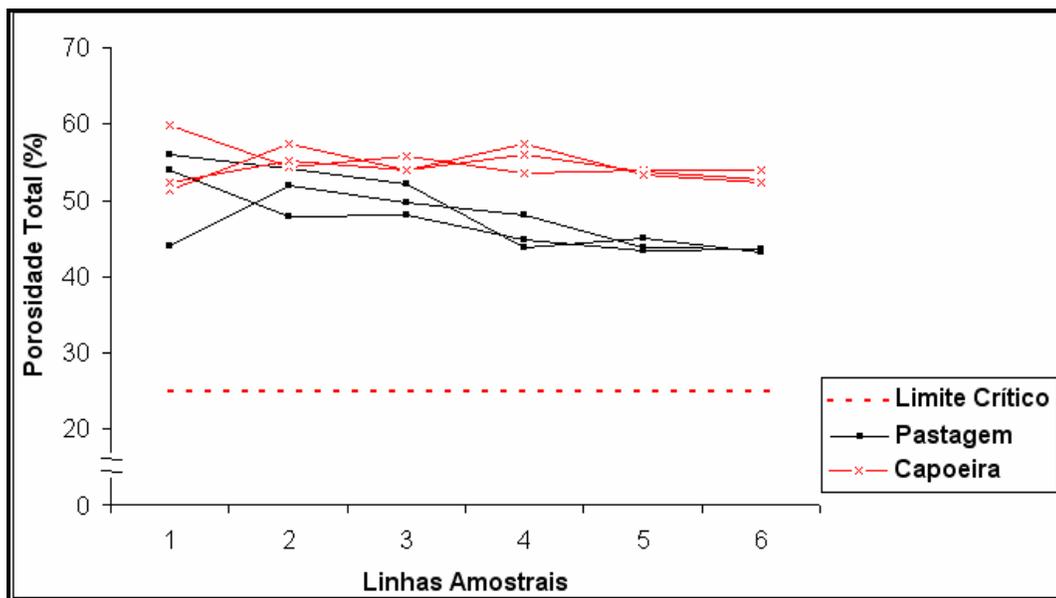
A porosidade total também pode ser empregada como indicativo de compactação do solo, pois esta propriedade possui relação direta com o tipo de uso e a conservação do solo. A fim de criarmos uma situação de comparação foi adotado um limite crítico de 20% na porosidade total, este valor foi determinado por Kiehl (1979) como sendo um índice desfavorável quando se trata de qualidade física do solo.

A partir dos resultados obtidos no Gráfico 7, nota-se que em pastagem a porosidade total entre 0-10 cm foi menor que a capoeira, resultado semelhante foi publicado por Pequeno et al. (2007) onde constatou-se que a porosidade total em pastagem tem uma redução significativa em comparação a vegetação secundária. Na pastagem 0-10 cm foi obtido o menor valor médio de porosidade total com 47,5%, mesmo não sendo alcançado o limite de porosidade determinado por Kiehl (1979), é possível confirmar a compactação para este ambiente, corroborando com dados apresentados por Bertol et al. (1998) e Spera et al. (2009) onde foi observado que em solo sob pastagens, o pisoteio animal promove uma degradação nos atributos físicos diminuindo a porosidade total no solo.

A porosidade na pastagem entre 11-20 cm (Gráfico 8) manteve os mesmos indícios de compactação do solo, pois a média da porosidade total ficou em 48,2% e segundo Moraes et al. (2002), valores abaixo de 50% de porosidade, podem prejudicar o ciclo hidrológico. Esta degradação em pastagem na camada superficial (0-20 cm) foi averiguada por Muller et al. (2001) e Genro Junior et al. (2000), onde se observou que com a degradação da

pastagem consequentemente a porosidade diminui principalmente nas camadas superficiais.

Gráfico 07 – Distribuição e classificação da porosidade total 0-10 cm.

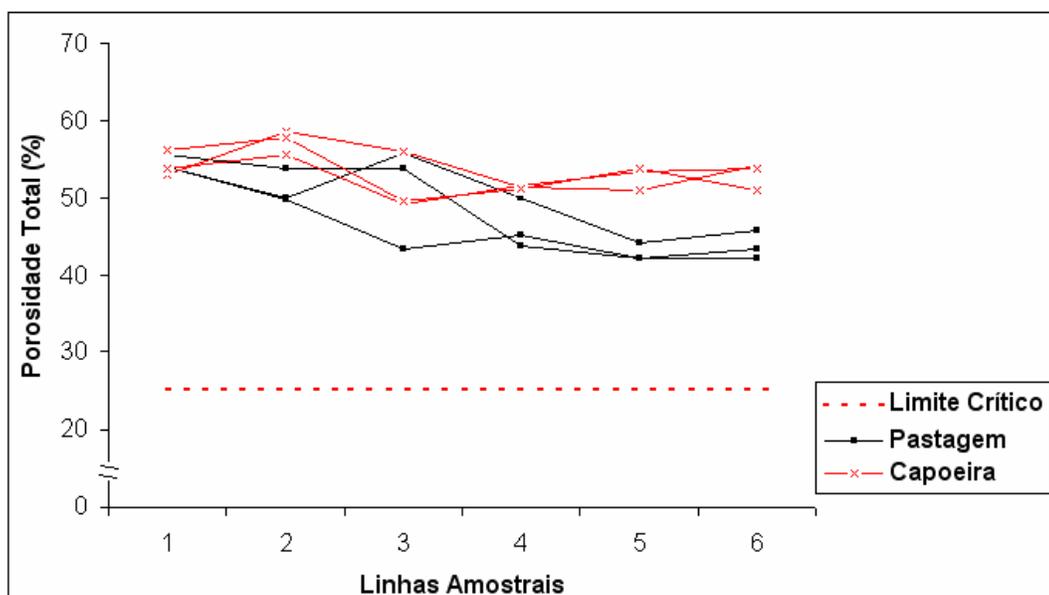


Os dados de capoeira para a porosidade total na profundidade 0-10 cm visualizada no Gráfico 7, demonstram boa recuperação das qualidades físicas, pois o valor médio observado ficou em 54,5%, sendo que não foi encontrado nenhum índice abaixo de 51,2%, deixando claro a boa porosidade neste ambiente diferentemente da pastagem onde foram observados muitos valores de porosidade abaixo de 50%, esta alteração física também foi averiguada por Bragagnolo et al. (2007) em seus estudos, onde observaram uma redução da porosidade total em pastagem quando comparada a uma área sem pastejo.

Entre 11-20 cm a porosidade total na capoeira possui um valor médio um pouco abaixo do encontrado na profundidade 0-10 cm, porém, mantendo-se acima de 50% com um índice de 53,3% (Gráfico 8). A melhora na porosidade total em ambientes florestados quando comparados a pastagens é confirmada por Azevedo & Sverzut (2007), onde os autores observaram a existência de uma diminuição da porosidade total na pastagem em função do pisoteio animal e que esta diminuição possui diferença estatisticamente significativa se comparada a uma área florestada.

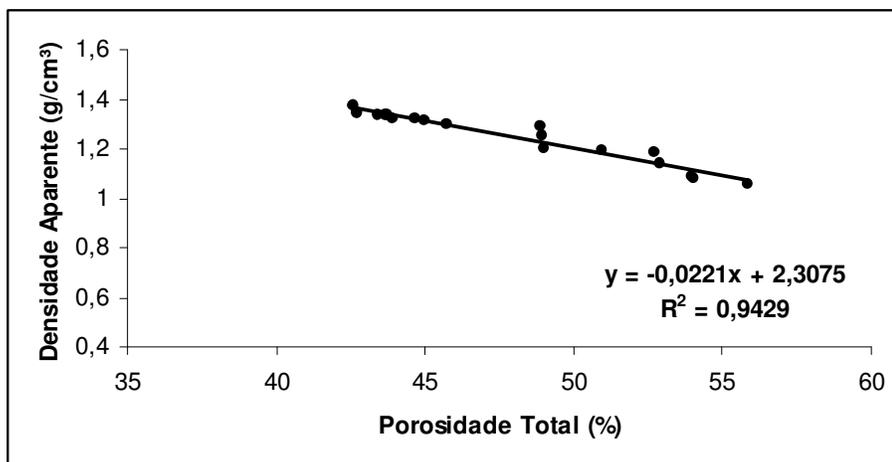
Moreira et al. (2005) comprovou em seus resultados que a porosidade total do solo foi menor na área degradada até 20 cm de profundidade em relação à área recuperada o que resulta em menor capacidade de infiltração de água no solo e maior exposição à erosão, corroborando com nossas análises. Os melhores índices de porosidade total em capoeira também estão associados à grande quantidade de poros cilíndricos produzidos pelas raízes e macrofauna do solo, e este diferencial influencia de maneira determinante na infiltração de água indicando uma melhora estrutural nestes ambientes (BOUMA, 1991).

Gráfico 08 – Distribuição e classificação da porosidade total 11-20 cm.



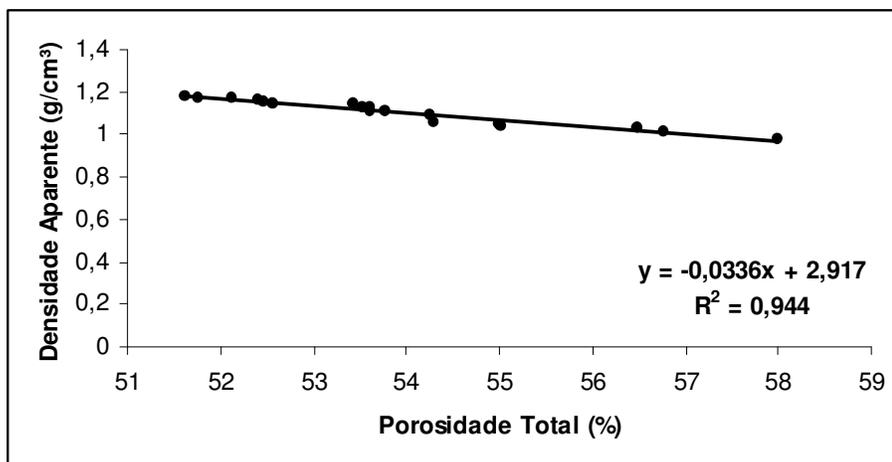
A porosidade total e a densidade aparente são atributos dependentes entre si e por isso se comportam de forma inversa. A fim de verificar esta relação, utilizamos uma regressão linear entre estas variáveis em pastagem na profundidade 0-20 cm, pois foi o modelo que melhor se ajustou aos dados e que pode ser visualizada no Gráfico 9, sendo que o coeficiente de relação (R^2) para estes dados foi de 94%, este índice indica uma alta relação entre estas variáveis em pastagem. A existência desta relação é potencializada com as alterações na porosidade total após distúrbios, como o pisoteio animal, que compactam o solo aumentando sua densidade aparente (FOTH. 1990).

Gráfico 09 - Relação entre densidade aparente e porosidade total para 0-20 cm em pastagem.



Em capoeira a dependência entre densidade aparente e porosidade total também foi significativa com uso do modelo linear, atingindo um coeficiente de correlação de 94% como pode ser analisado no Gráfico 10. Diversos autores (ANJOS et al., 1994; VEIGA et al., 1994; SILVA et al., 2000; ALBUQUERQUE et al., 2001; MULLER et al., 2001; MOREIRA et al., 2005; ALVES et al., 2007; LANZANOVA et al., 2007; REINERT et al., 2008; COSTA et al., 2009) também verificaram a existência desta relação inversa entre porosidade total e densidade aparente, e esta, é muito comum em áreas degradadas. Lal & Shukla (2004) apontam que em muitos casos o grau ou gravidade da compactação no solo pode ser expressa através da relação entre a densidade e a porosidade visto que com a diminuição do espaço poroso invariavelmente tem-se o aumento densidade de partículas por cm^3 .

Gráfico 10 - Relação entre densidade aparente e porosidade total para 0-20 cm em capoeira.



6.4.3 Umidade Atual (U%)

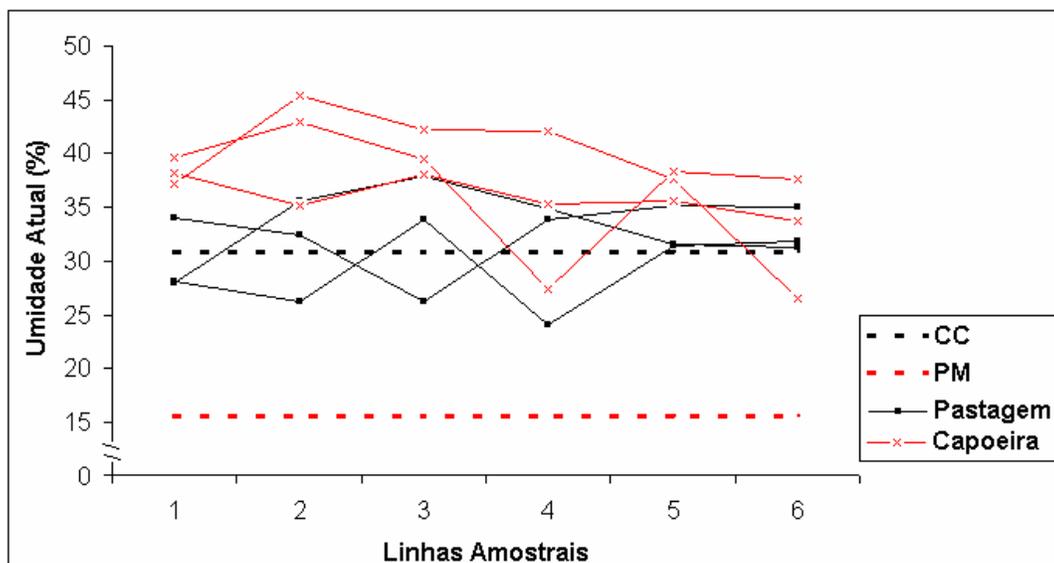
O percentual de umidade no solo pode ser utilizado em conjunto com outros parâmetros físicos na determinação da qualidade física dos solos. A quantidade de umidade está relacionada ao espaço poroso existente, e dois importantes índices edáficos balizam a umidade no solo, a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PM). A CC ocorre quando o fluxo de drenagem se torna desprezível, ou seja, o solo atinge o limite superior de disponibilidade de água. Com a perda de umidade por evaporação, os valores de umidade vão decrescendo gradualmente até atingirem um ponto em que a planta murcha permanentemente, denominado de ponto de murcha permanente, (REICHARDT, 1988).

Nos Gráficos 11 e 12 a seguir foram utilizados todos os dados de umidade atual (Apêndices A e B) e com intuito de comparação utilizamos os dados de capacidade de campo e ponto de murcha permanente definidos por Silva Filho (2009), visto que estes dados pertencem à mesma área utilizada em nosso estudo.

Os valores de umidade para a profundidade 0-10 cm disponíveis no Gráfico 11, demonstram que nenhum dado alcançou o PM, mesmo em pastagem onde os valores mantêm-se em grande maioria abaixo dos índices de capoeira, o ponto de murcha não foi atingido. Os dados de capoeira demonstram um elevado nível de umidade no solo, pois permanecem acima da capacidade de campo, chegando a valores superiores a 45% de umidade atual.

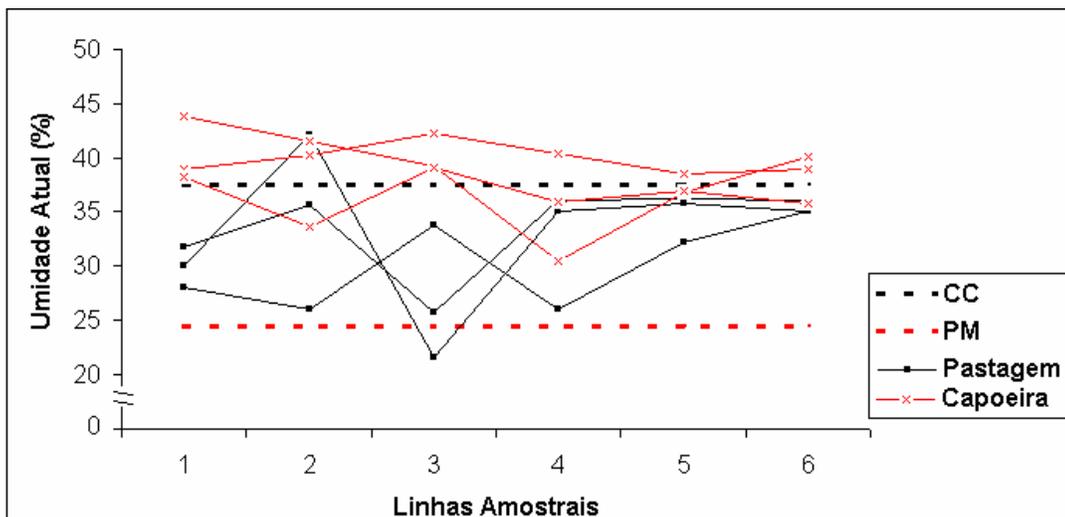
Juhász et al. (2006) também verificou variações de umidade em camadas superficiais do solo, nesta profundidade do solo em pastagem, podem ocorrer com frequência picos de umidade seguidos de valores muito baixos, estas variações bruscas se devem a pouca cobertura vegetal que protege o solo, assim, com a ocorrência de eventos pluviométricos a umidade imediatamente responde positivamente, após seu término a incidência solar direta do solo provoca uma evaporação intensa nessa camada, diminuindo a umidade no solo. Em capoeira as variações estão ligadas a maior concentração de raízes, que promovem uma absorção mais intensa de água da chuva.

Gráfico 11 – Distribuição e classificação da umidade atual 0-10 cm.



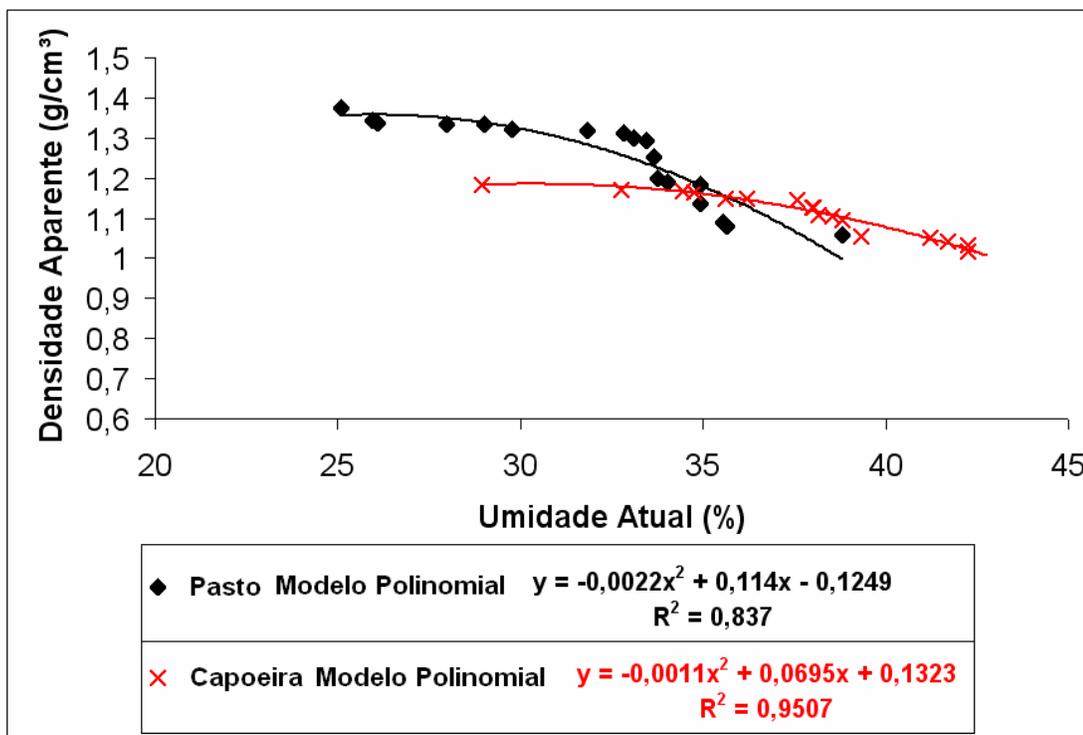
Entre 11-20 cm (Gráfico 12) apenas 1 valor em pastagem se encontra abaixo do ponto de murcha permanente. A grande maioria está situado no intervalo hídrico ótimo, com 1 valor acima da capacidade de campo, e a capoeira definitivamente demonstra índices que indicam uma ótima qualidade física, pois seus valores estão todos próximos da CC, sendo que nenhuma valor nesta ambiente atingiu o PM. Esta melhora da umidade atual em capoeira quando comparada à pastagem, evidencia a importância da cobertura vegetal para a retenção hídrica e manutenção das qualidades físicas do solo. Townsend et al. (2002) e Souza et al. (2006) também encontraram valores de umidade superiores em áreas florestais se comparadas a pastagens degradadas na Amazônia Brasileira.

Gráfico 12 – Distribuição e classificação da umidade atual 11-20 cm.



No Gráfico 13 buscou-se encontrar relação entre os teores de umidade atual e a densidade aparente, e em ambos os ambientes, ocorre uma relação inversa na regressão, portanto quando há uma diminuição da umidade, ocorre o oposto com a densidade aparente. Nas duas análises o modelo que melhor explicou os dados foi o polinomial, no pasto degradado o coeficiente dessa relação chegou à 83%, e em capoeira à 95%, sendo os dois índices considerados significativos. Com isso fica evidenciado que a umidade é um dos fatores determinantes na compactação dos solos corroborando com resultados de Lima et al. (2004). A estreita relação entre umidade atual e densidade aparente também foi verificada por Taylor & Gardner (1963); Klein et al. (1998); Imhoff et al. (2000); Cunha et al. (2002); Genro Junior et al. (2004); Marini (2008), que confirmaram o incremento da densidade aparente com a diminuição do teor de água.

Gráfico 13 – Relação entre densidade aparente e umidade atual para 0-20 cm em pasto e capoeira.



6.5 ATRIBUTOS HÍDRICOS DO SOLO

O processo de infiltração de água tem grande importância nas avaliações que buscam resultados referentes a qualidades física do solo, pois esta propriedade tem ligação direta com outros atributos como a densidade, porosidade, umidade, estrutura que por sua vez, são alterados conforme o homem ocupa novas áreas, podendo gerar assim, ambientes com algum tipo de degradação. Na Tabela 07 podem ser analisadas as equações de infiltração acumulada, taxa de infiltração seguida de seu respectivo coeficiente de correlação (R^2) para todos os pontos em pastagem e capoeira. Os modelos para a curva da taxa de infiltração apresentados na Tabela 07 se mostraram eficientes, pois os coeficientes de relação foram altamente significativos, ficando em torno de 88% em capoeira e 89% para a pastagem.

Tabela 07 - Equações de Infiltração acumulada e Taxa de infiltração/R² dos modelos adotados.

Ambiente	Infiltração Acumulada	Taxa de Infiltração	R²
Pasto 01	$f = 9 + 51 e^{-0,755t}$	$y = 96,793 T^{-0,5604}$	R ² = 0,9145
Pasto 02	$f = 12 + 48 e^{-0,615t}$	$y = 78,863 T^{-0,499}$	R ² = 0,8959
Pasto 03	$f = 6 + 54 e^{-0,580t}$	$y = 209,94 T^{-0,8101}$	R ² = 0,8944
Pasto 04	$f = 6 + 54 e^{-0,364t}$	$y = 119,26 T^{-0,5453}$	R ² = 0,8594
Pasto 05	$f = 18 + 42 e^{-0,461t}$	$y = 112,86 T^{-0,4525}$	R ² = 0,9041
Pasto 06	$f = 6 + 54 e^{-0,428t}$	$y = 118,96 T^{-0,5994}$	R ² = 0,9126
Pasto 07	$f = 6 + 54 e^{-0,620t}$	$y = 154,6 T^{-0,7469}$	R ² = 0,8862
Pasto 08	$f = 6 + 54 e^{-0,568t}$	$y = 161,69 T^{-0,694}$	R ² = 0,8817
Pasto 09	$f = 12 + 48 e^{-0,571t}$	$y = 126,97 T^{-0,5385}$	R ² = 0,8056
Pasto 10	$f = 6 + 34 e^{-0,441t}$	$y = 107,89 T^{-0,6522}$	R ² = 0,8782
Pasto 11	$f = 6 + 54 e^{-0,461t}$	$y = 128,68 T^{-0,6267}$	R ² = 0,8894
Pasto 12	$f = 9 + 51 e^{-0,641t}$	$y = 106,56 T^{-0,5666}$	R ² = 0,893
Pasto 13	$f = 3 + 57 e^{-0,716t}$	$y = 75,984 T^{-0,7044}$	R ² = 0,9522
Pasto 14	$f = 3 + 27 e^{-1,267t}$	$y = 44,279 T^{-0,7132}$	R ² = 0,8979
Pasto 15	$f = 1,2 + 28,8 e^{-1,114t}$	$y = 46,27 T^{-0,8984}$	R ² = 0,9536
Pasto 16	$f = 3 + 27 e^{-0,857t}$	$y = 69,552 T^{-0,7263}$	R ² = 0,9411
Pasto 17	$f = 3 + 37 e^{-0,762t}$	$y = 126,64 T^{-0,9096}$	R ² = 0,889
Pasto 18	$f = 0,6 + 29,4 e^{-1,380t}$	$y = 119,41 T^{-1,2531}$	R ² = 0,9115
Capoeira 01	$f = 42 + 378 e^{-1,024t}$	$y = 413,59 T^{-0,5313}$	R ² = 0,9675
Capoeira 02	$f = 54 + 336 e^{-1,037t}$	$y = 287,54 T^{-0,3995}$	R ² = 0,8607
Capoeira 03	$f = 54 + 306 e^{-0,861t}$	$y = 279,8 T^{-0,3999}$	R ² = 0,8733
Capoeira 04	$f = 42 + 338 e^{-0,670t}$	$y = 391,76 T^{-0,5185}$	R ² = 0,9753
Capoeira 05	$f = 65 + 265 e^{-0,860t}$	$y = 261,79 T^{-0,3539}$	R ² = 0,8595
Capoeira 06	$f = 62,5 + 287,5 e^{-0,778t}$	$y = 308,68 T^{-0,4075}$	R ² = 0,9272
Capoeira 07	$f = 60 + 240 e^{-0,958t}$	$y = 213,94 T^{-0,3146}$	R ² = 0,8615
Capoeira 08	$f = 48 + 272 e^{-1,042t}$	$y = 296,47 T^{-0,4493}$	R ² = 0,9763
Capoeira 09	$f = 68 + 212 e^{-0,837t}$	$y = 210,95 T^{-0,2936}$	R ² = 0,8974
Capoeira 10	$f = 70 + 230 e^{-1,082t}$	$y = 194,42 T^{-0,2845}$	R ² = 0,8102
Capoeira 11	$f = 70 + 220 e^{-1,028t}$	$y = 191,4 T^{-0,2815}$	R ² = 0,7853
Capoeira 12	$f = 68,5 + 191,5 e^{-1,092t}$	$y = 172,95 T^{-0,2554}$	R ² = 0,8143
Capoeira 13	$f = 48 + 222 e^{-1,047t}$	$y = 244,51 T^{-0,4325}$	R ² = 0,9623
Capoeira 14	$f = 18 + 162 e^{-0,818t}$	$y = 143,62 T^{-0,5347}$	R ² = 0,9289
Capoeira 15	$f = 15 + 285 e^{-0,829t}$	$y = 199,69 T^{-0,6117}$	R ² = 0,9011
Capoeira 16	$f = 15 + 45 e^{-0,379t}$	$y = 64,357 T^{-0,3089}$	R ² = 0,8749
Capoeira 17	$f = 24 + 186 e^{-0,666t}$	$y = 150,43 T^{-0,4352}$	R ² = 0,9273
Capoeira 18	$f = 21 + 159 e^{-0,701t}$	$y = 107,24 T^{-0,4443}$	R ² = 0,8365

6.5.1 Taxa de Infiltração

A taxa de infiltração ou velocidade de infiltração é entendida como sendo o volume de água que entra através da superfície do solo por unidade de área e de tempo e sua respectiva capacidade de infiltração é definida como a quantidade máxima de água que pode ser absorvida pelo solo (PAULA, 2005).

A partir da análise no Gráfico 14 associado à Tabela 07 (Modelo Potencial) ficou evidenciado que em capoeira a curva na taxa de infiltração possui valores superiores à pastagem, o valor médio inicial da taxa de infiltração em pastagem ficou em 140,6 cm/h, em capoeira este índice foi mais que o dobro com 287,7 cm/h, as médias das taxas finais de infiltração também demonstraram grandes diferenças entre os ambientes, na pastagem foi verificado um valor de 6,4 cm/h e este foi 7 vezes menor que o índice na capoeira, calculado em 46,9 cm/h. Esta diferença nas taxas de infiltração entre pastagem e uma área florestal também foi verificada por Souza & Alves (2003) que encontraram resultados semelhantes.

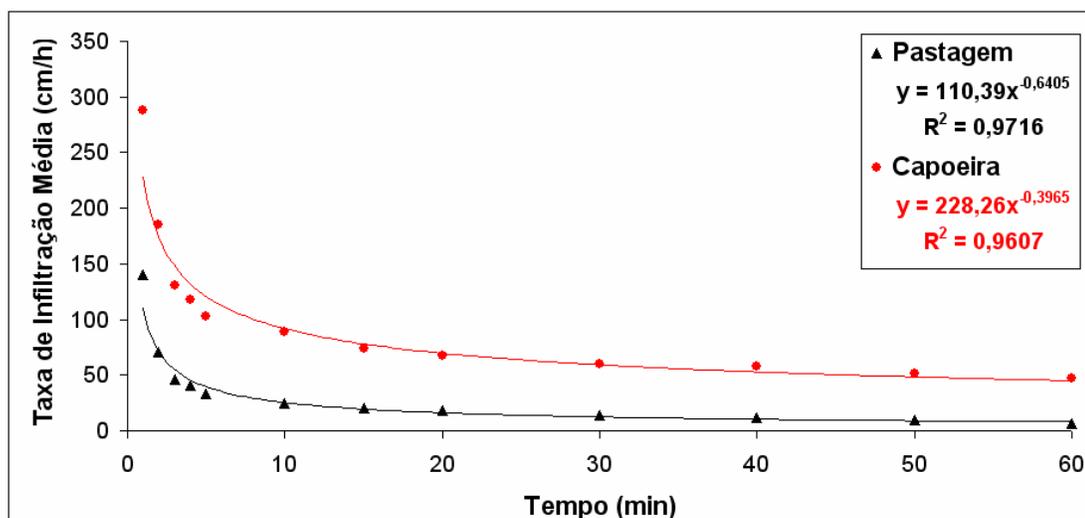
Na análise pontual dos 18 pontos da pastagem e 18 de capoeira (Tabela 07), observamos que o maior valor na taxa de infiltração final no pasto foi de 18 cm/h e a menor 0,6 cm/h, já em capoeira o maior valor foi de 68,5 cm/h e o menor de 15 cm/h, indicando o forte impedimento à infiltração de água em pastagem e a boa recuperação das qualidades físicas do solo em capoeira em função das melhorias propiciadas pelas raízes das formações arbóreas e arbustivas e sua fauna edáfica associada. Radke & Berry (1993) e Prieksat et al. (1994) também atribuem esta recuperação em áreas degradadas às galerias construídas por raízes e pela fauna edáfica que geram canais cilíndricos potencializando a circulação de ar e a infiltração de água no solo.

Esta relação positiva entre velocidade de infiltração e cobertura vegetal também foi confirmada por outros autores (CORSINI, 1974; CARMO, 1976; CARDURO & DORFMAN, 1988; BOUMA, 1991; RADKE & BERRY, 1993; SILVA & KATO, 1997; SILVA & KATO, 1998; SOBRINHO, 2003; SEILER & GAT, 2007; CUNHA, 2008) como sendo um fator determinante para altas taxas de infiltração e conservação das qualidades físicas e hídricas do solo.

A redução na taxa de infiltração em função do pisoteio animal também foi verificada por Trein et al. (1991), que encontrou uma redução de até 68% na infiltração água, esta associação entre compactação do solo e baixa taxa de infiltração de água é comum em áreas degradadas ou mal manejadas (PEREIRA, 2005) e em biomas como a Amazônia as conseqüências podem ser desastrosas do ponto vista ambiental.

Em estudo semelhante ao nosso, Bharati et al. (2002) verificou em diversos ambientes a infiltração de água durante 60 minutos, e constatou que a pastagem possui a menor taxa de infiltração acumulada e a menor velocidade de infiltração, evidenciando que áreas com cobertura vegetal podem contribuir para uma melhor infiltração de água no solo refletindo a qualidade físico-hídrica do mesmo, o autor atribui os péssimos resultados em pastagem ao pisoteio excessivo do gado, corroborando com nossos resultados.

Gráfico 14 – Curva da taxa de infiltração média em pasto e capoeira.



6.5.2 Infiltração Acumulada

No Gráfico 15 é apresentada a curva dos valores médios de infiltração acumulada através de um modelo potencial, os 18 pontos de cada ambiente podem ser verificados através das equações disponíveis na Tabela 07. A taxa de infiltração acumulada inicial em pastagem possui um valor médio de 2,2 cm/h e este valor é duas vezes inferior à capoeira que conta com um valor inicial de 5,13 cm/h, a diferença se torna maior quando comparamos a infiltração acumulada final nos dois ambientes, no pasto a média da infiltração acumulada final foi de 18 cm/h, em capoeira este índice chegou a 71 cm/h, ou

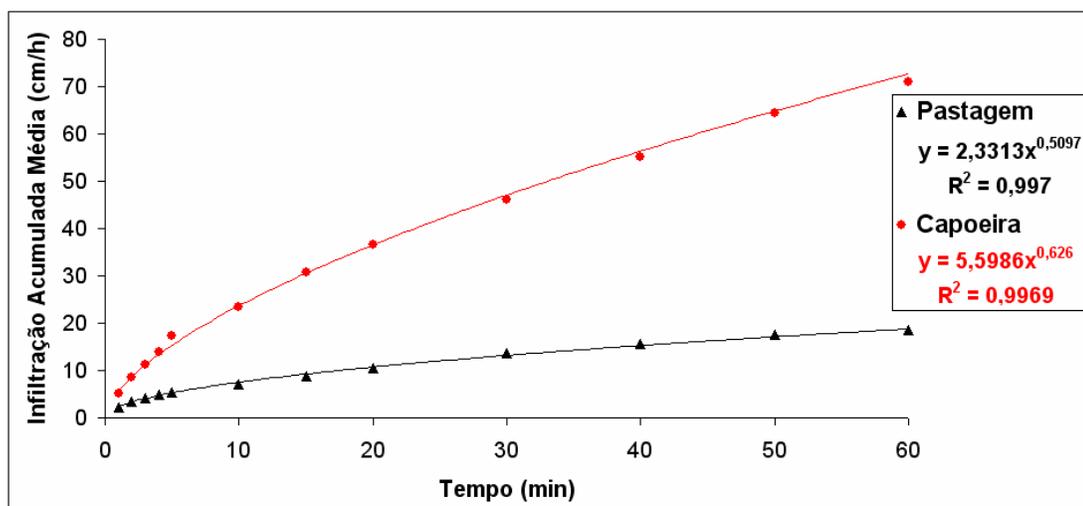
seja, em capoeira houve um aumento na infiltração acumulada de aproximadamente 4 vezes.

Na análise pontual também é constatada uma melhor condição físico-hídrica em capoeira, pois neste ambiente a maior taxa de infiltração acumulada foi de 94 cm/h e a menor de 36 cm/h, já em pastagem a maior taxa de infiltração acumulada observada foi de 32 cm/h e a menor de 4,2 cm/h, evidenciando mais uma vez que a coluna de água infiltrada em capoeira é superior à pastagem.

As menores taxa de infiltração acumulada em pastagem se devem ao pisoteio animal que diminui a porosidade total e aumenta a densidade aparente, a constatação de que a infiltração acumulada é até 3 vezes maior na área com vegetação do que em áreas cultivadas também foi feita nos trabalhos de Cavenage (1996), Suzuki et al. (2000), Souza & Alves (2003) e Alves et al. (2007).

Lanzanova et al. (2005) e Trein et al. (1991), encontraram reduções de apenas 60% na infiltração acumulada após o pastejo, Lal (1974) aponta que a redução pode chegar a 73% quando a comparação é entre floresta e pasto, porém a magnitude destas diferenças depende da intensidade com que o solo foi compactado assim como sua textura, estrutura.

Gráfico 15 – Curva da infiltração acumulada média em pasto e capoeira.



6.5.3 Velocidade de Infiltração Básica (VIB)

A velocidade básica de infiltração é um dos parâmetros hídricos mais relevantes para a caracterização de áreas degradadas, pois reflete as condições estruturais, texturais, tamanho e disposição dos poros, sendo influenciada também pelo manejo da área que dependendo do uso pode provocar o selamento superficial através do impacto das gotas de chuva e do pisoteio animal no solo (SOBRINHO et al., 2003). A VIB é definida como sendo o momento em que o valor de infiltração fica constante, indicando a saturação (DIEBOLD, 1954; WHITE, 1985; CUNHA, 2008).

Os dados de VIB seguiram a classificação proposta por Ottoni Filho (2003) como pode ser verificado na Tabela 08. Nota-se que em pastagem degradada 11,11% dos pontos atingiram a classe “Baixa” de VIB caracterizando forte restrição à infiltração de água no solo. A imensa maioria dos pontos de pastagem (83,33%) foi classificada como “Média”, ou seja, com certa restrição à infiltração, e apenas 1 ponto ou 5,56% corresponde a classe “Alta”. Em capoeira 100% dos pontos amostrais estão enquadrados na classe “Alta” demonstrando efetivamente que neste ambiente existe uma melhora considerável nas condições físico-hídricas do solo.

Tabela 08 – Classificação da velocidade básica de infiltração para pasto e capoeira.

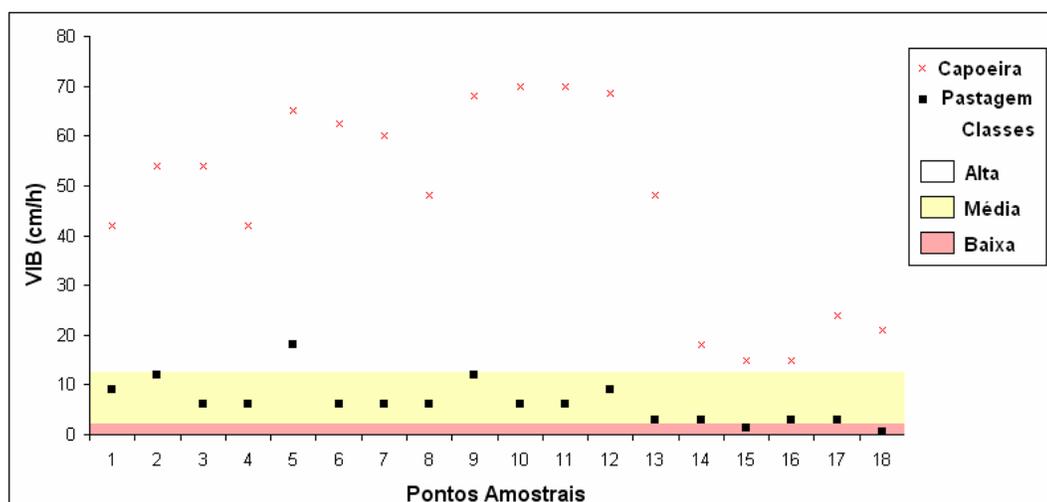
Localização	Classes		
	Baixa	Média	Alta
	< 2,0 cm/h	≥ 2,0 a ≤ 12,5 cm/h	> 12,5 cm/h
Pasto - 01		9	
Pasto - 02		12	
Pasto - 03		6	
Pasto - 04		6	
Pasto - 05			18
Pasto - 06		6	
Pasto - 07		6	
Pasto - 08		6	
Pasto - 09		12	
Pasto - 10		6	
Pasto - 11		6	
Pasto - 12		9	
Pasto - 13		3	
Pasto - 14		3	
Pasto - 15	1,2		
Pasto - 16		3	
Pasto - 17		3	
Pasto - 18	0,6		
Capoeira - 01			42
Capoeira - 02			54
Capoeira - 03			54
Capoeira - 04			42
Capoeira - 05			65
Capoeira - 06			62,5
Capoeira - 07			60
Capoeira - 08			48
Capoeira - 09			68
Capoeira - 10			70
Capoeira - 11			70
Capoeira - 12			68,5
Capoeira - 13			48
Capoeira - 14			18
Capoeira - 15			15
Capoeira - 16			15
Capoeira - 17			24
Capoeira - 18			21

Fonte: Adaptado de Ottoni Filho (2003).

A discrepância entre os ambientes analisados pode ser melhor visualizada no Gráfico 16. Em alguns casos os valores obtidos da VIB em capoeira são até 100 vezes maiores que em pastagem (Pasto: 0,6 cm/h; Capoeira 70 cm/h), além das diferenças classificatórias já discutidas no parágrafo anterior, onde obtivemos a predominância dos pontos de pastagem na faixa amarela, classe “Média” e na faixa vermelha, classe “Baixa”, e todos os dados de capoeira na faixa branca ou classe “Alta” (Gráfico 16), foi observado que a diferença

numérica em si é muito grande, pois em pastagem o maior valor de VIB foi 18 cm/h ficando próximos dos piores valores da VIB em capoeira, e esta disparidade na velocidade básica de infiltração se deve ao pisoteio intenso ocorrido na pastagem, tornando-a degradada e gerando solos extremamente compactos reduzindo drasticamente a infiltração de água, por outro lado, a descompactação da antiga pastagem (hoje capoeira com 20 anos) através dos canalículos de raízes e principalmente das galerias de organismos como a meso e macrofauna, possibilitaram a recuperação e manutenção dos altos índices de VIB.

Gráfico 16 – Classificação da velocidade de infiltração básica em pasto e capoeira.



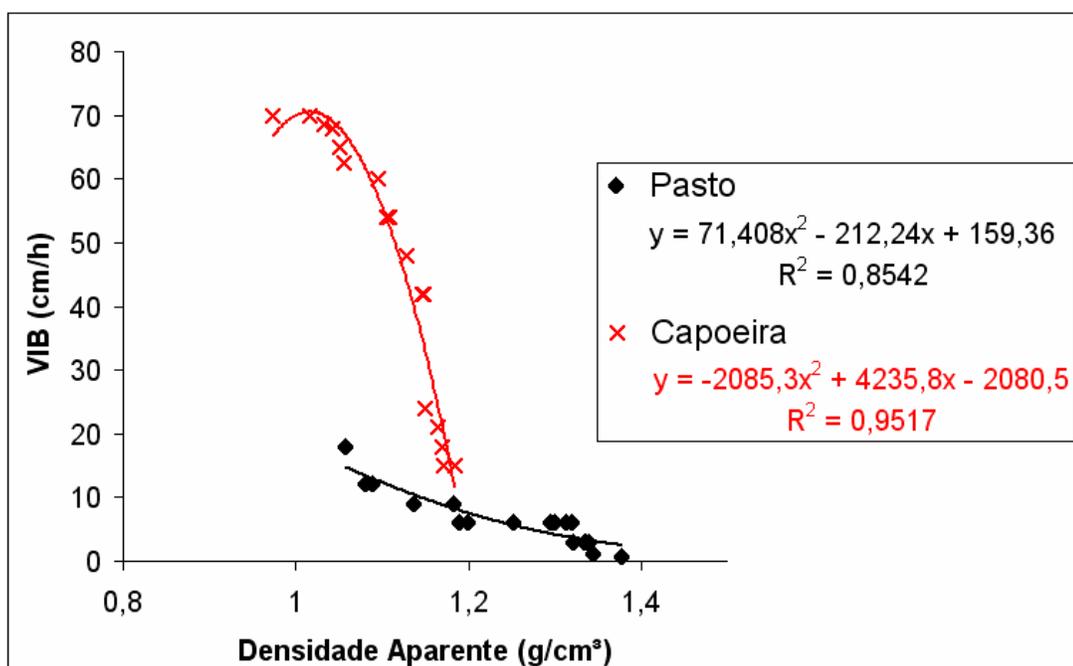
Fonte: Adaptado de Ottoni Filho (2003).

Outros autores também encontraram resultados similares aos nossos, como Andrade et al., (2008) que verificou valores de VIB superiores em áreas florestadas quando comparado a pastagem. Esta redução na VIB em função do pisoteio animal possui relação direta com o aumento de densidade aparente no solo como pode ser visualizado no Gráfico 17.

Em capoeira onde a VIB foi maior a densidade aparente não ultrapassou $1,25 \text{ g/cm}^3$ ocorrendo o inverso na pastagem degradada, com a VIB muito inferior a capoeira e com muitos valores de densidade aparente acima de $1,3 \text{ g/cm}^3$ caracterizando uma área compactada, sendo que em ambos os casos o modelo polinomial foi o que melhor representou esta relação, com um coeficiente de correlação torno de 85% em pasto e 95% em capoeira.

A compactação em pastagens por pisoteio animal e suas conseqüências sobre a relação negativa entre densidade aparente e VIB corrobora com resultados encontrados por Soane et al., (1981), Radke & Berry (1993), Faria et al., (1997), Sales et al. (1999), Bradford & Peterson (2000), Sobrinho (2003), McDowell et al. (2008), onde foi concluído que as mudanças na densidade aparente causadas pelo pisoteio animal, provocam uma diminuição contínua nos poros restringindo a circulação de ar e de água no solo.

Gráfico 17 – Relação entre densidade aparente e velocidade de infiltração básica para pasto e capoeira.



Com a compactação do solo a vegetação tende a se tornar cada vez mais esparsa possibilitando assim o impacto direto da chuva sobre o solo, que por sua vez provoca a ruptura dos agregados formando uma camada adensada na superfície do solo, conhecida como selamento superficial, embora o selamento superficial seja uma camada compactada de pequena espessura, esta, ocasiona redução na taxa de infiltração de água (PREVEDELLO, 1996; SCHAEFER et al., 2002; RICHART et al., 2005; SEILER & GAT, 2007).

Portanto o desdobramento natural após a compactação do solo é a redução na capacidade de infiltração em função da existência de camadas de impedimento, com isso dá-se início a uma das conseqüências mais prejudiciais ao meio ambiente dependendo da

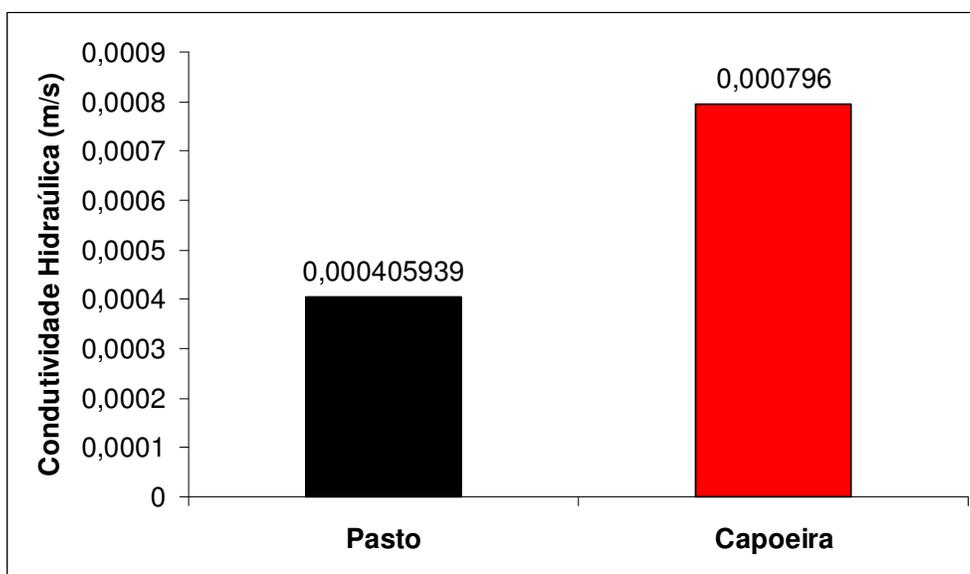
declividade do terreno que é a erosão laminar ou o empoçamento de água na superfície (BERTOL et al., 1998; BERTOL et al., 2000; FERREIRA et al., 2000; DANIEL et al., 2002). Este processo segundo Lal & Shukla (2004) é muito comum em pastagens e se o pisoteio não é interrompido a recuperação da estrutura é dificultada aumentando as áreas com solos desnudos (GREENWOOD & MCKENZIE, 2001).

6.5.4 Condutividade Hidráulica (K)

A condutividade hidráulica ou a permeabilidade é a capacidade que o solo possui de permitir o escoamento de água entre os seus espaços vazios. Esta propriedade é controlada pela porosidade, estrutura e a granulometria dos solos, portanto, estes índices além de refletirem o tipo de solo, podem ser utilizados para a detecção de áreas com algum tipo de degradação (OLIVEIRA, 2002; LOUSADA, 2005; GASPAS, 2006).

A partir da análise de nossos resultados constatamos que houve um incremento na condutibilidade hidráulica de aproximadamente 50% na capoeira em comparação à pastagem degradada, estes valores podem ser visualizados no Gráfico 18 e nos Apêndices C e D, onde o ambiente de capoeira atingiu o índice de $7,96 \times 10^{-4}$ m/s e o pasto com $4,05 \times 10^{-4}$ m/s. Uma diferença considerável visto que os dois ambientes estão situados numa mesma mancha de solo com textura homogênea conforme discutido anteriormente no item 6.1.

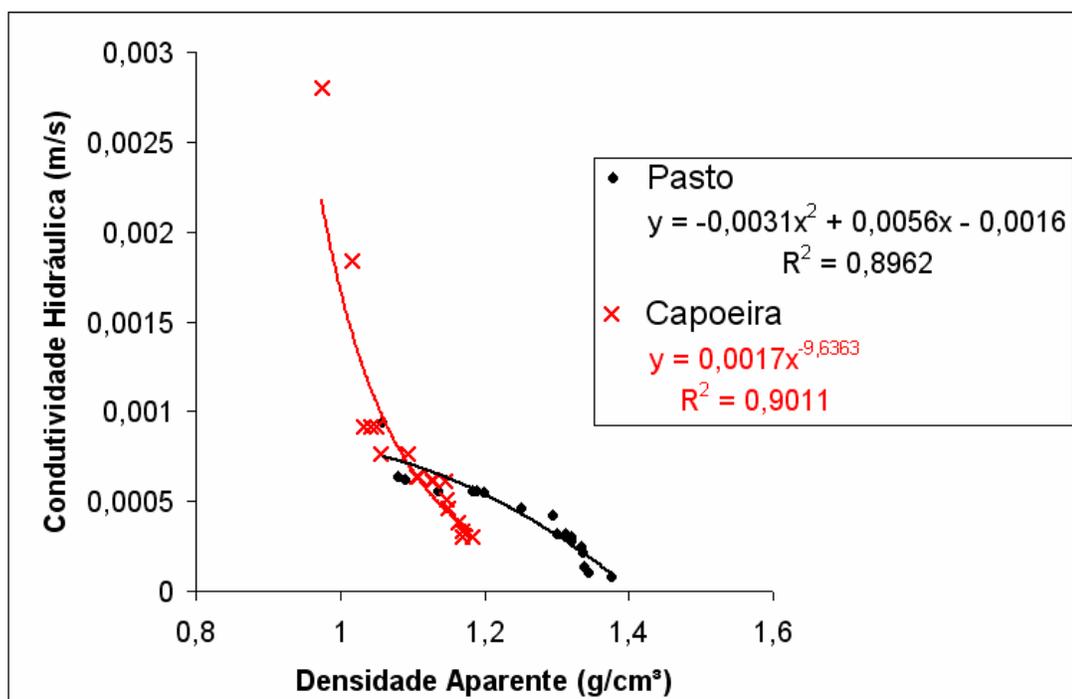
Gráfico 18 – Valores médios da condutividade hidráulica em pasto e capoeira.



A redução na condutividade hidráulica encontrada na pastagem se deve principalmente a compactação do solo pelo pisoteio animal, e este processo é comprovado nas regressões disponíveis no Gráfico 19 através de modelo potencial em capoeira e polinomial em pastagem, onde foram relacionados os índices de densidade aparente (g/cm^3) que conseqüentemente refletem a compactação do solo, com a condutividade hidráulica (m/s), assim foi possível encontrarmos um R^2 de 89% e 90% para pastagem e capoeira respectivamente.

Willat & Pullar (1984), Elliot et al., (2002) Gaspar et al., (2007) e Millán Romero (2007) também encontraram incremento na densidade aparente e seu conseqüente decréscimo na condutividade hidráulica em detrimento do pisoteio animal em pastagens. Em pesquisa semelhante a este trabalho, Medeiros et al., (2001), observaram que com um aumento na densidade em 30% houve uma diminuição na condutividade hidráulica em 40%, corroborando com nossos resultados.

Gráfico 19 – Relação entre densidade aparente e condutividade hidráulica para pasto e capoeira.



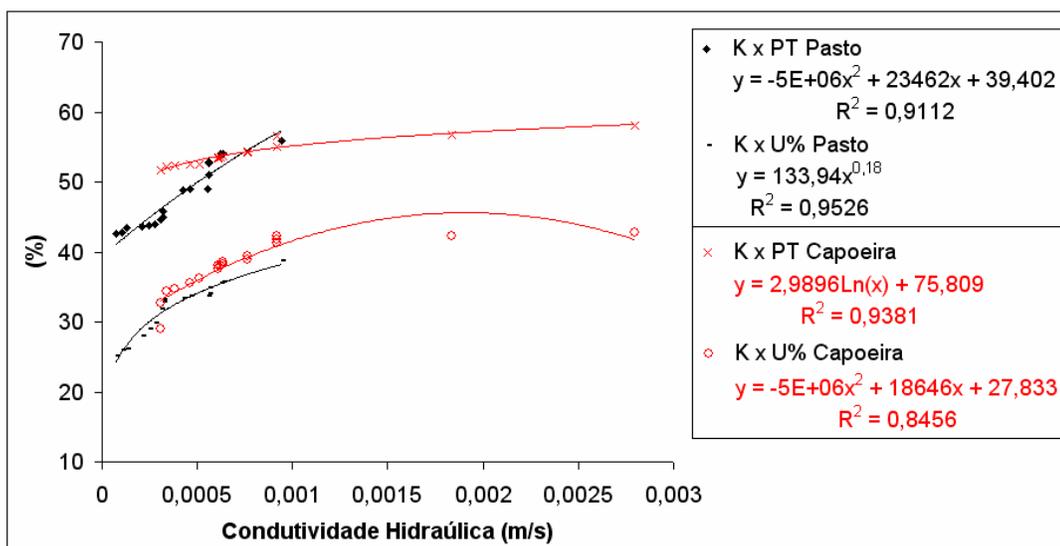
Com a modificação da estrutura física do solo (compactação) em pastagem o fluxo da água é influenciado, pois a distribuição e a continuidade do espaço poroso vão sendo

diminuídas gradativamente. Por esta razão elaborou-se no Gráfico 20 regressões com os dados de condutividade hidráulica (K) versus porosidade total (PT) e umidade atual (U%) e seus respectivos modelos preditivos e coeficientes de relação (R^2).

Notou-se uma forte relação em pastagem para as duas regressões (linhas pretas) realizadas, com 91% para K x PT com um modelo polinomial e 95% na relação K x U% através de modelo potencial, em capoeira para a relação entre K x PT o melhor modelo encontrado para os dados foi o logarítmico com um coeficiente de relação de 93%, já na relação K x U% em capoeira o R^2 foi o menor, porém não menos significativo, atingindo 84% com um modelo polinomial, conforme Gráfico 20.

De uma maneira geral os maiores índices de correlação em pastagem se devem ao fenômeno descrito por Lal & Shukla (2004), onde partem do pressuposto que quanto mais grave a compactação em pastagens, maior será a relação entre seus componentes físicos como densidade e porosidade, e estes índices influenciam diretamente as propriedades hídricas como a condutividade hidráulica. Outro fator que pode diminuir as relações em capoeira é a efervescente atividade biológica neste ambiente, que promove complexas modificações no perfil pedológico, principalmente na camada analisada em nosso estudo (0-20 cm).

Gráfico 20 – Relação linear entre condutividade hidráulica (K) e porosidade total (PT), umidade atual (U%) para pasto e capoeira.



Nos estudos acerca da permeabilidade dos solos em áreas compactadas, esta relação positiva entre porosidade total e condutividade hidráulica também foi verificada, visto que a condutividade hidráulica depende invariavelmente da continuidade dos poros (GREENWOOD & MCKENZIE, 2001). Outros autores (NOBRE, 2004; STONE et al., 2001; GHILDYAL & SATYANARAYAMA, 1965; CAMARGO, 1983; KLEIN & LIBARDI, 2002) também estudaram o decréscimo da condutividade hidráulica com a diminuição e/ou modificação da porosidade total dos solos em pastagens e encontraram resultados muito próximos aos nossos.

Portando esta funcionalidade do sistema poroso do solo tem grande importância na condutividade hidráulica, e este, engloba propriedades como quantidade, tamanho, morfologia, continuidade e orientação dos poros, estas propriedades do espaço poroso foram definidas por Libardi (2005) em um único termo denominado “geometria porosa dos solos”.

A “geometria porosa dos solos” contribui na explicação dos resultados de condutividade hidráulica classificados na Tabela 09, pois mesmo com um valor médio da condutividade hidráulica superior em capoeira, 89% destes dados estão situados na mesma classe “Baixa” que outros 94% de pastagem, esta igualdade na classificação se deve à classe textural (no caso argilosa) e a homogeneidade desta, para a área estudada, ou seja, independente do seu uso o Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico (PVAd) analisado, possui uma baixa condutividade hidráulica, este resultado é muito comum em solos mais argilosos que são naturalmente menos condutores (SOUZA & CAMPOS, 2001). Outros 6% dos pontos em pastagem estão classificados como “Muito Baixa”, este índice sugere um efeito da compactação sobre o solo, já que em capoeira 11% dos dados foram classificados com uma condutividade hidráulica “Média”.

Tabela 09 – Classificação de condutividade hidráulica para pasto e capoeira.

Localização	Classes				
	Praticamente Impermeável	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta
	$< 10^{-7}$	$\geq 10^{-7}$ a $< 10^{-5}$	$\geq 10^{-5}$ a $< 10^{-3}$	$\geq 10^{-3}$ a $< 10^{-1}$	$\geq 10^{-1}$
Pasto - 01			3,18E-04		
Pasto - 02			4,59E-04		
Pasto - 03			5,60E-04		
Pasto - 04			2,48E-04		
Pasto - 05			6,36E-04		
Pasto - 06			5,53E-04		
Pasto - 07			5,60E-04		
Pasto - 08			6,22E-04		
Pasto - 09			4,24E-04		
Pasto - 10			3,18E-04		
Pasto - 11			9,40E-04		
Pasto - 12			5,59E-04		
Pasto - 13			2,79E-04		
Pasto - 14			1,31E-04		
Pasto - 15		7,60E-05			
Pasto - 16			2,12E-04		
Pasto - 17			3,06E-04		
Pasto - 18			1,06E-04		
Capoeira - 01				1,84E-03	
Capoeira - 02				2,80E-03	
Capoeira - 03			6,12E-04		
Capoeira - 04			6,22E-04		
Capoeira - 05			3,81E-04		
Capoeira - 06			9,18E-04		
Capoeira - 07			6,34E-04		
Capoeira - 08			3,06E-04		
Capoeira - 09			3,06E-04		
Capoeira - 10			4,59E-04		
Capoeira - 11			9,18E-04		
Capoeira - 12			3,37E-04		
Capoeira - 13			9,18E-04		
Capoeira - 14			7,63E-04		
Capoeira - 15			7,63E-04		
Capoeira - 16			6,36E-04		
Capoeira - 17			6,12E-04		
Capoeira - 18			5,09E-04		

Fonte: Adaptado de Mitchell (1993).

A redução da condutividade hidráulica em pastagem também é potencializada pela vegetação esparsa, comum em áreas degradadas, que diminui substancialmente a proteção contra o impacto direto das gotas de chuva no solo, e provocam forte compactação através do processo conhecido como selamento superficial dos poros e/ou pela formação de estruturas mais densas modificadas pelo uso inadequado do solo (LAMBE & WHITMAN,

1979). No estudo de um PVAd Brandão et al. (2006) encontrou este mesmo processo de selamento superficial em função da chuva, corroborando com nossos resultados.

6.6 ANÁLISE ESPACIAL

A análise espacial de dados pode ser utilizada sempre que as informações estiverem espacialmente localizadas e quando for preciso levar em conta, explicitamente, a importância do arranjo espacial dos fenômenos na análise ou na interpretação de resultados desejados. Seu principal objetivo é aprofundar a compreensão do processo, avaliar evidências de hipóteses a ele relacionadas, ou ainda tentar prever valores em áreas onde as observações não estão disponíveis (BAILEY & GATTREL, 1995).

6.6.1 Superfície de Tendência

Em estudos que abordam a questão de qualidade ambiental a superfície de tendência por regressão polinomial, que se caracteriza por ser um interpolador determinístico global (CAMARGO et al., 2004), se mostra uma ferramenta muito útil, pois além de apresentar tendências no âmbito regional é capaz de ressaltar anomalias, positivas e negativas, pontualmente, esta técnica pode ser utilizada tanto para grandes áreas como em pequenas conforme ressaltado nos trabalhos de Albuquerque et al. (1996); Souza et al. (1998); Oliveira et al. (1999); Bertolani & Vieira, (2001) Silva et al. (2003).

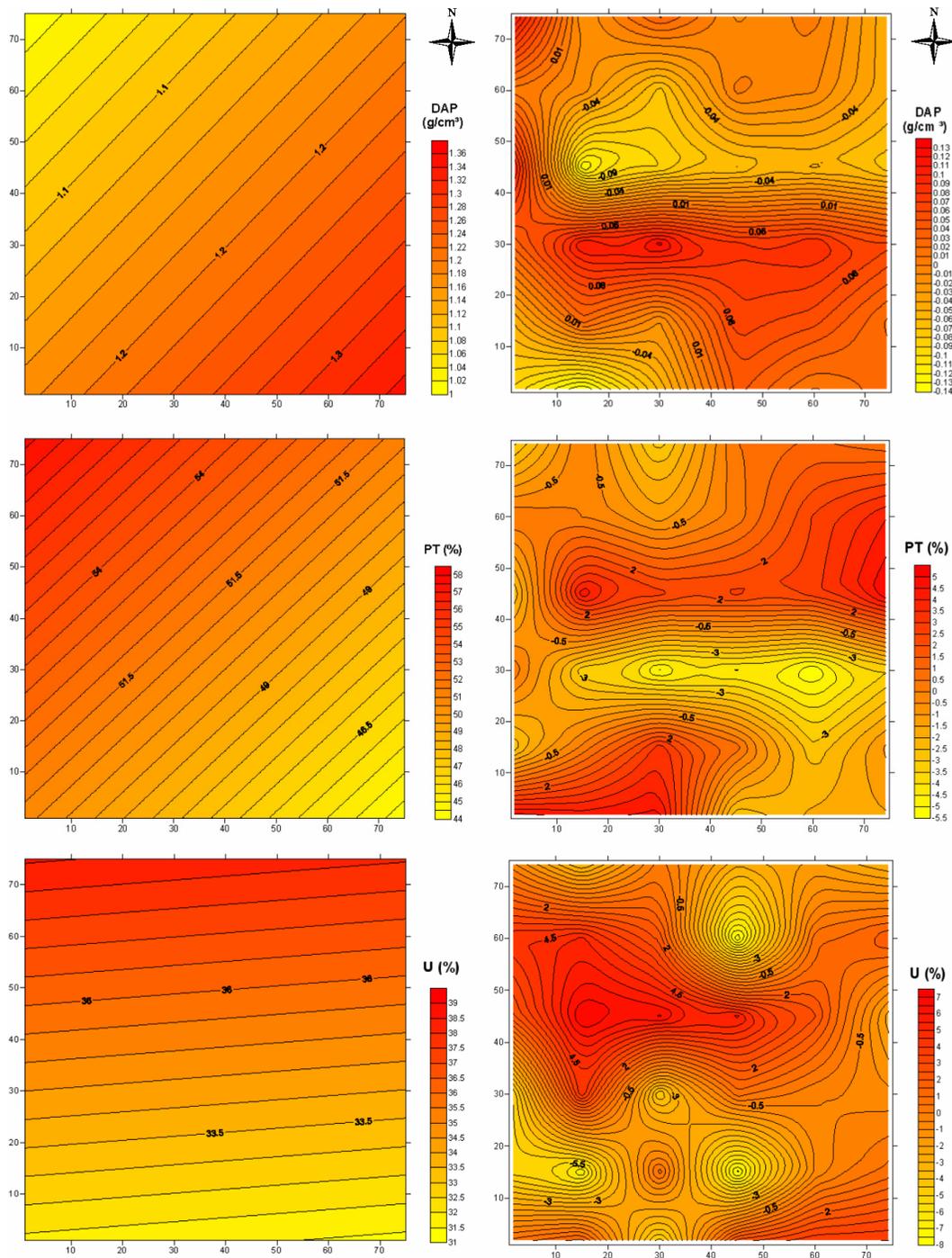
Na figura 07 estão disponíveis as superfícies de tendência para os dados de densidade aparente (DAP), porosidade total (PT), umidade atual (U%) e seus respectivos resíduos. A superfície de tendência da DAP aponta para a forte compactação no sentido Sudeste da área estudada, que corresponde à pastagem, a Noroeste da capoeira estão os menores valores da DAP, os resíduos em pastagem apresentam um alto percentual de anomalias positivas, com aproximadamente 72% confirmando a compactação para este ambiente, pois em capoeira 66% das anomalias são negativas.

A porosidade total possui comportamento totalmente inverso à densidade aparente, fato este já verificado anteriormente nos Gráficos 9 e 10 através de regressões lineares. A superfície de tendência para a porosidade total (PT) indica que no Noroeste da capoeira esta variável possui condições melhoradas, diferentemente da área à Sudeste da pastagem onde a porosidade total é reduzida, os resíduos também possuem comportamento inverso aos dados de densidade aparente, como pode ser visualizado na Figura 07. Este resultado

tem um significado importante, pois além de comprovar a forte relação entre estas variáveis, evidencia as melhores condições estruturais em capoeira quando comparado à pastagem, sendo que esta afirmação é comprovada pelo alto índice de anomalias negativas em pastagem chegando a 61% este valor não passa de 27% em capoeira.

A superfície de tendência estabelecida através dos índices de umidade atual (U%) evidencia um crescimento no sentido Norte da área analisada, ou seja, há um incremento de umidade na capoeira e um decréscimo em pastagem, e este resultado é muito comum quando se busca a comparação entre ambientes de pastagem degradada com áreas florestadas, pois nestas pastagens o solo não possui uma cobertura vegetal efetiva, que atue na conservação da umidade, deixando este ambiente mais susceptível as variações climáticas, em contraposição nas áreas florestadas como a capoeira estudada, o solo não recebe diretamente a incidência solar em função da própria vegetação e de sua serapilheira, podendo assim minimizar o ressecamento do solo (FERREIRA DA COSTA et al., 1998; OLIVEIRA, 2005; SOUZA et al., 2002). O mapa de resíduos para a umidade atual também aponta para uma melhor qualidade na capoeira, pois encontramos um percentual de 61% de anomalias positivas nesta área, este mesmo índice foi de 50% em pastagem.

Figura 07 – Superfícies de Tendência e Resíduos para densidade aparente, porosidade total e umidade atual em pasto e capoeira.



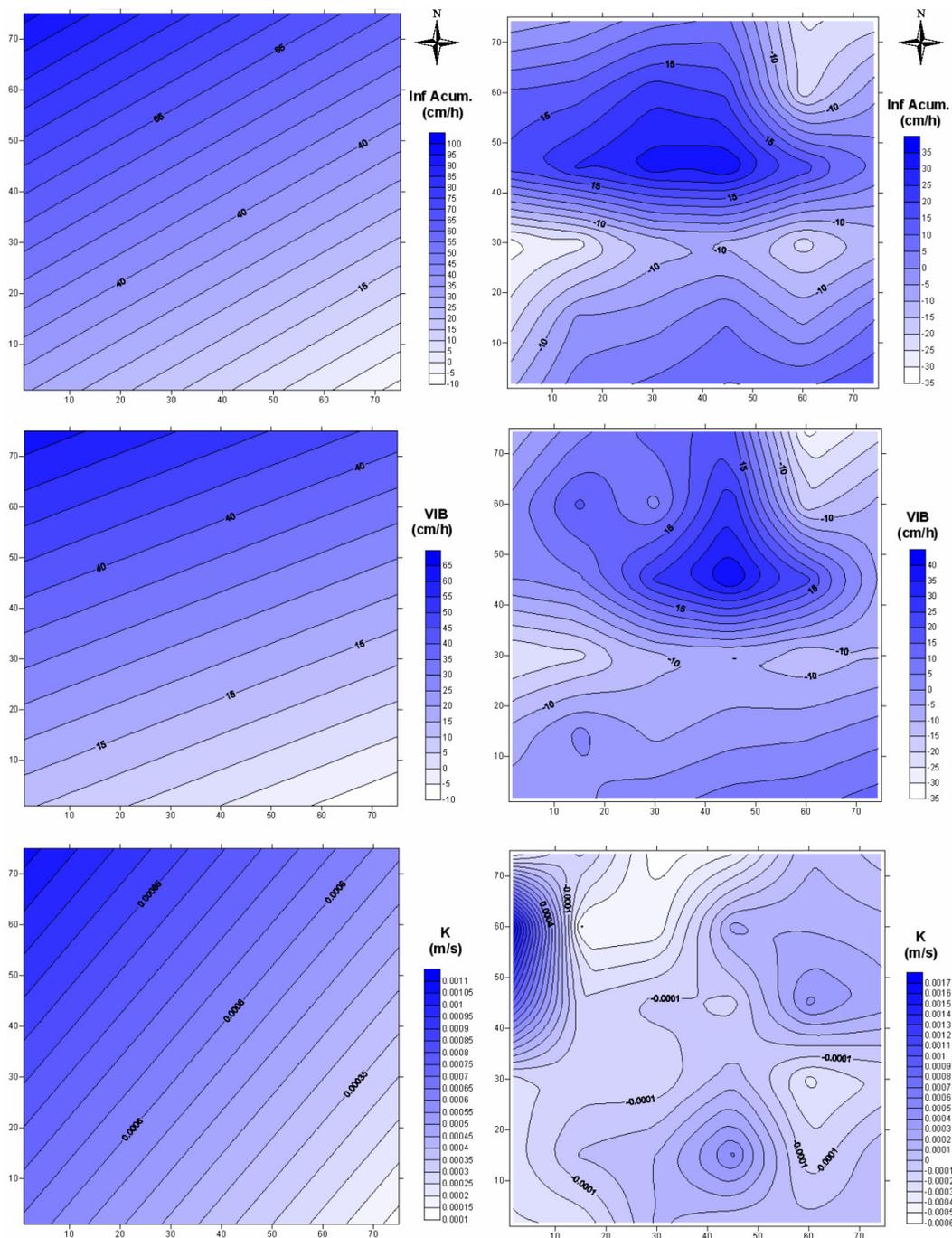
As superfícies de tendência para os dados hídricos (infiltração acumulada, velocidade de infiltração básica e condutividade hidráulica) estão plotados na Figura 08. Os índices de infiltração acumulada (Inf. Acum.) corroboram os resultados encontrados na Figura 07

onde foram abordados os parâmetros físicos, pois os maiores índices de infiltração acumulada estão no sentido Noroeste da área, ocorrendo um decréscimo no sentido Sudeste, ratificando a relação positiva com as variáveis, porosidade total e umidade atual, e a relação negativa com a densidade aparente. As anomalias presentes nos resíduos de infiltração acumulada assinalam uma forte infiltração acumulada em capoeira, pois suas anomalias positivas somam 66%, e as negativas na pastagem ficam em de 61% demonstrando o decréscimo na infiltração acumulada.

A superfície de tendência para a velocidade de infiltração básica (VIB), segue o mesmo sentido da infiltração acumulada, havendo incremento no sentido Noroeste e decréscimo à Sudeste, mantendo a forte relação entre os atributos físicos e hídricos conforme citado anteriormente. Os resíduos da VIB apresentam 61% de anomalias positivas em capoeira, em pastagem 66% das anomalias são negativas, caracterizando a boa infiltração de água em capoeira e a forte restrição em pastagem.

Para a condutividade hidráulica (K) a superfície de tendência se mantém indicando um incremento na direção Noroeste e uma diminuição para o Sudeste, ou seja, também há neste caso forte relação entre compactação do solo e dificuldade na infiltração de água. Os resíduos para esta propriedade hídrica possuem uma maior variabilidade espacial, e esta variabilidade é muito comum em estudos físico-hídricos como relatado por diversos autores (WARRICK & NIELSEN, 1980; QUEIROZ, 1995; BOSCH & WEST, 1998; LIMA & SILANS, 1999; EGUCHI et al., 2003; MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2006), devido às inúmeras propriedades que afetam a condutividade hidráulica, porém mesmo mantendo o mesmo percentual de anomalias negativas (56%) e positivas (44%) para os dois ambientes estudados, nota-se que as anomalias positivas são até 137 vezes maiores em capoeira do que em pastagem, justificando a tendência de crescimento na condutividade hidráulica em capoeira e corroborando com os resultados de infiltração acumulada e velocidade de infiltração básica.

Figura 08 – Superfícies de Tendência e Resíduos para infiltração acumulada, velocidade de infiltração básica e condutividade hidráulica em pasto e capoeira.

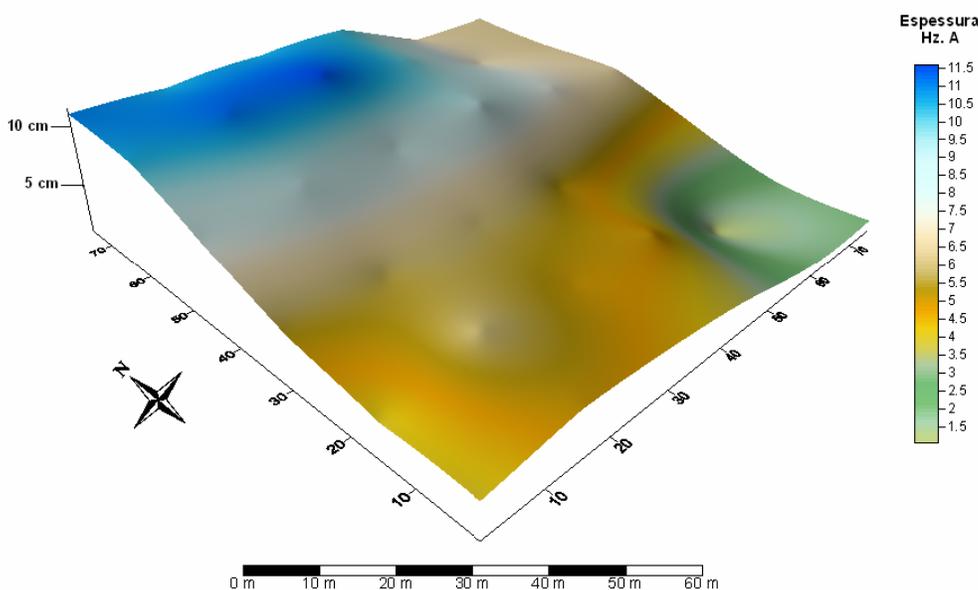


Os mapas com o comportamento espacial das variáveis, visualizados através da superfície de tendência e seus respectivos resíduos (Figuras 7 e 8), evidenciam a influência negativa da compactação animal sobre as propriedades físico-hídricas, pois há uma

dependência da utilização do solo no comportamento espacial, o que indica, neste nível de interpretação, que a atuação antrópica na área provocou diferenciação no valores analisados em pastagem degradada e capoeira.

Dentre as condicionantes ambientais que podem influenciar esta diferenciação na qualidade físico-hídrica de um solo está à espessura do Horizonte A, este índice pode segundo Doran & Parkin (1994); Resende et al. (2002); Rodrigues et al. (2007), ser um dos indicativos na detecção de áreas degradadas. Na Figura 09 estão os dados de espessura do Horizonte A (Apêndice E) mensurada em cada trincheira no campo, sendo que foi utilizado como interpolador o método dos “Vizinhos Naturais” desenvolvido por Sibson (1981) e disponível no software Surfer 8.0 (2002), assim, ficou clara a diferença entre os ambientes de pastagem degradada e capoeira, e demonstra também a relação desta propriedade com as superfícies de tendência disponíveis nas Figuras 07 e 08, pois as maiores espessuras do Horizonte A estão à Noroeste e as menores à Sudeste.

Figura 09 – Mapa de superfície 3D referente à espessura do horizonte A em pasto e capoeira.



Portanto, pode-se atribuir à espessura do Horizonte A como sendo uma das determinantes na infiltração de água no solo em superfície. Analisando as implicações

acerca da espessura do Horizonte A sobre a infiltração de água nos solos, Bertolani & Vieira (2001) concluíram que a espessura do Horizonte A em pastagem é inferior à capoeira e esta diminuição evidencia que com a retirada da vegetação, o solo fica mais propício a processos erosivos, pois a maior espessura no horizonte A influencia na maior infiltração de água, e enfatizam ainda, da necessidade na manutenção da cobertura vegetal para evitar a remoção do horizonte superficial nos solos.

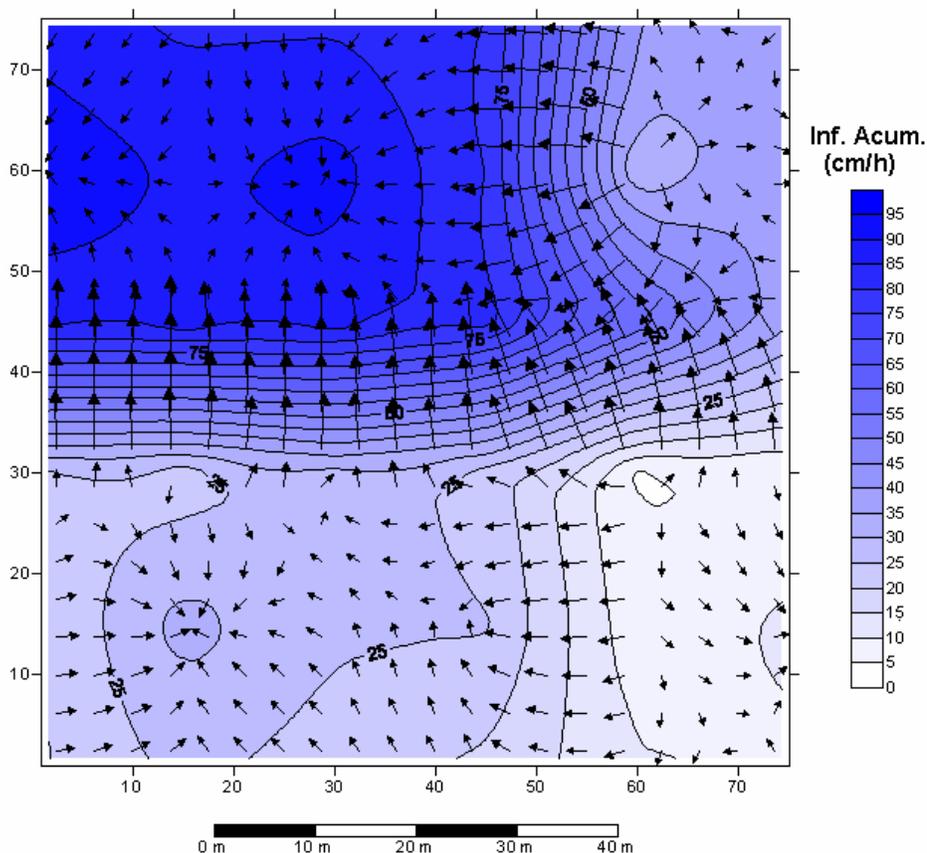
Esta menor espessura no Horizonte A em pastagem indica a ocorrência de erosão laminar, pois em condições naturais esta propriedade, apresenta-se mais proeminente, tanto que em capoeira foi observado um horizonte A mais pronunciado, enfatizando a importância da vegetação sobre o solo, fato também observado por Bertolani (1998).

A proteção do solo promovida pela capoeira e sua manutenção do horizonte A, melhoram a taxa de infiltração e deixam o solo menos sujeito ao desgaste pela erosão (SANTANA et al., 1999). Esta relação entre quantidade de água que infiltra e sua possível movimentação de solo em superfície está ilustrada na Figura 10 onde estão plotados os dados pontuais e os vetores de infiltração acumulada (Inf. Acum.) interpolados por Vizinhos Naturais.

A partir da análise da Figura 10 observou-se que existe forte concentração de água em capoeira, principalmente a Norte/Noroeste da área, tanto que no perímetro de transição entre pastagem degradada e capoeira, os vetores indicam que a infiltração tende a seguir na direção da capoeira onde a infiltração acumulada foi até 4 vezes superior a pastagem conforme discutido no item 6.5.2 deste estudo.

Já em pastagem, a área mais crítica localiza-se a Sudeste, com índices próximos a zero e muito vetores indicando forte dispersão em função da compactação intensa detectada na área. À Sudoeste da pastagem os valores de infiltração acumulada melhoram, formando o único ponto de confluência de água superficial da área, porém este valor ainda é inferior aos encontrados em capoeira, demonstrando que em pastagem degradada a possibilidade de perda de solo por erosão laminar é muito superior à capoeira.

Figura 10 – Quantidade de água infiltrada e sua movimentação superficial em capoeira e pasto.



6.6.2 Modelo Classificatório de Áreas Críticas

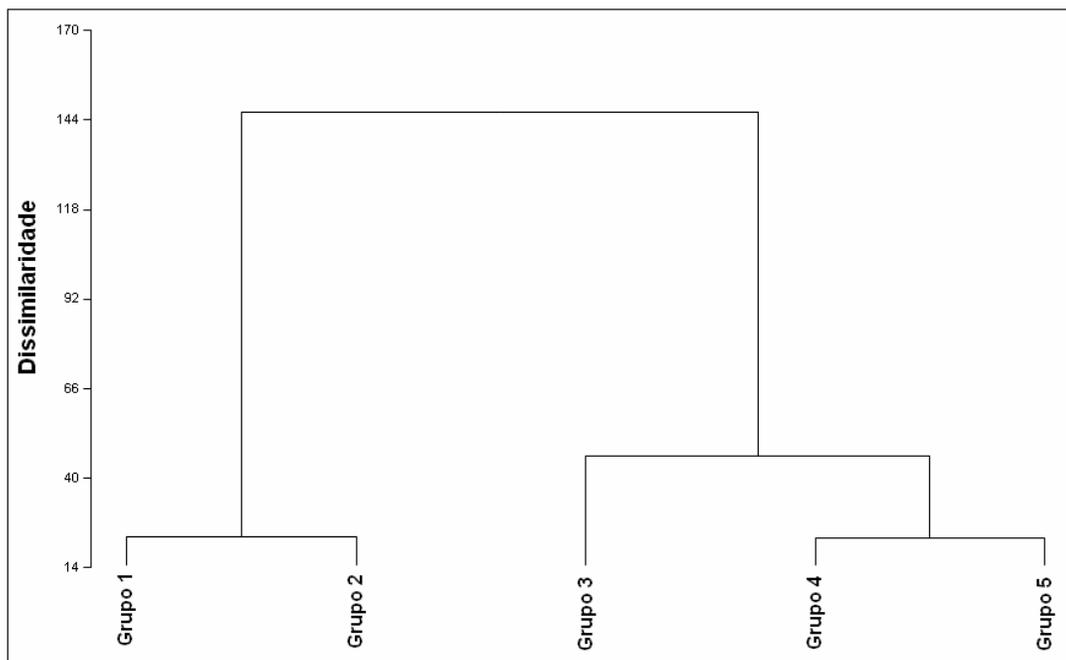
A definição de modelos explicativos/preditivos pode auxiliar na manutenção e/ou recuperação das qualidades físico-hídricas de um solo, nesse sentido foi elaborado um modelo utilizando a estatística multivariada através da análise de grupo hierárquica, esta técnica interliga as amostras por suas associações, produzindo um dendrograma onde as amostras semelhantes, segundo as variáveis escolhidas, são agrupadas entre si (REIS, 2001).

Este tipo de análise, segundo Fidalski et al. (2007), é muito útil em estudos que quantificam a qualidade do solo de modo geral e que apresentam inúmeras variáveis, pois quando estas variáveis são descritas por meio de análises estatísticas univariadas, podem comprometer as interpretações e as conclusões destas, por não ser explorada a existência ou não da dependência entre as variáveis analisadas.

Na Figura 11 encontra-se o dendograma, onde foi utilizado o método hierárquico aglomerativo de Ward, tendo como medida de dissimilaridade a distância euclidiana. Nesta Figura estão definidos 5 grupos que possuem uma dispersão de decomposição entre os grupos muito significativa, com o valor de 54,899 indicando que a diferença entre os grupos é grande o suficiente para a formação dos mesmos.

Para a composição dos grupos foi utilizado 8 variáveis: densidade aparente (DAP), porosidade total (PT), umidade atual (U%), infiltração acumulada (INF ACUM), velocidade de infiltração básica (VIB), condutividade hidráulica (K), espessura do horizonte A em centímetros (HZ A) e vegetação (VEG), este último foi incorporado à análise com o intuito de diferenciação entre os ambientes, sendo atribuído o valor 1 (um) para pastagem e 2 (dois) para a capoeira.

Figura 11 – Dendograma da análise hierárquica de agrupamentos para definição de classes de impedimento à infiltração.



Observa-se na Tabela 10 a composição dos grupos, seus respectivos tamanhos e a dispersão de decomposição dentro de cada grupo, notou-se que em nenhuma situação houve a composição de um grupo com variáveis de pastagem e capoeira, confirmando a diferença significativa entre os dois ambientes com suas respectivas variáveis. A pastagem compôs 2 grupos (grupo 3 e 4) com pouca dispersão entre seus resultados, já a capoeira se

dividiu e 3 grupos (grupo 1, 2 e 5), sendo que os grupos 2 e 5 possuem as maiores dispersões e o grupo 1 a menor dispersão no estudo.

Tabela 10 - Composição dos grupos para as variáveis analisadas.

Grupo	1	2	3	4	5
Interiormente	117,599	1229,968	986,583	441,228	1276,233
Tamanho	2	10	10	8	6
	Capoeira 01	Capoeira 03	Pastagem 09	Pastagem 01	Capoeira 13
	Capoeira 02	Capoeira 04	Pastagem 10	Pastagem 02	Capoeira 14
		Capoeira 05	Pastagem 11	Pastagem 03	Capoeira 15
		Capoeira 06	Pastagem 12	Pastagem 04	Capoeira 16
		Capoeira 07	Pastagem 13	Pastagem 05	Capoeira 17
		Capoeira 08	Pastagem 14	Pastagem 06	Capoeira 18
		Capoeira 09	Pastagem 15	Pastagem 07	
		Capoeira 10	Pastagem 16	Pastagem 08	
		Capoeira 11	Pastagem 17		
		Capoeira 12	Pastagem 18		

A divisão dos grupos torna-se mais elucidativa quando analisado o centróide dos grupos na Tabela 11, pois assim ficam evidenciados os melhores índices quanto à qualidade físico-hídrico do solo em capoeira para todas as variáveis, podendo assim ser definido além da composição do grupo, o grau de impedimento à infiltração para cada agrupamento de pontos, facilitando assim sua interpretação espacial.

Tabela 11 - Centróide dos grupos definidos na análise hierárquica de agrupamentos.

Grupos	DAP	PT	U%	Inf Acum	VIB	K	HZ A	VEG
Grupo 1	1,11	54,4	39,9	91	48	0,00232	9,2	2
Grupo 2	1,07	54,3	38,4	86	61	0,00055	10,2	2
Grupo 3	1,33	44,4	32,8	14	5	0,00034	3,5	1
Grupo 4	1,15	52,3	31,1	24	9	0,00049	4,9	1
Grupo 5	1,15	53,1	36,4	40	24	0,00070	6,8	2

A partir do centróide dos grupos foi elaborada uma classificação em função da média encontrada na soma de todas as variáveis de cada grupo, disponível na Tabela 12, e esta sintetização dos dados foi possível, pois a análise de grupos hierárquica é adimensional. Foram elaboradas ainda, as classes em função das análises realizadas anteriormente neste trabalho e assim, foram definidas as localizações dos pontos com “Alto”, “Médio”, “Baixo”, “Muito Baixo” ou “Nenhum” impedimento à infiltração de água no solo.

Tabela 12 – Classificação dos grupos quanto ao impedimento à infiltração em pasto e capoeira.

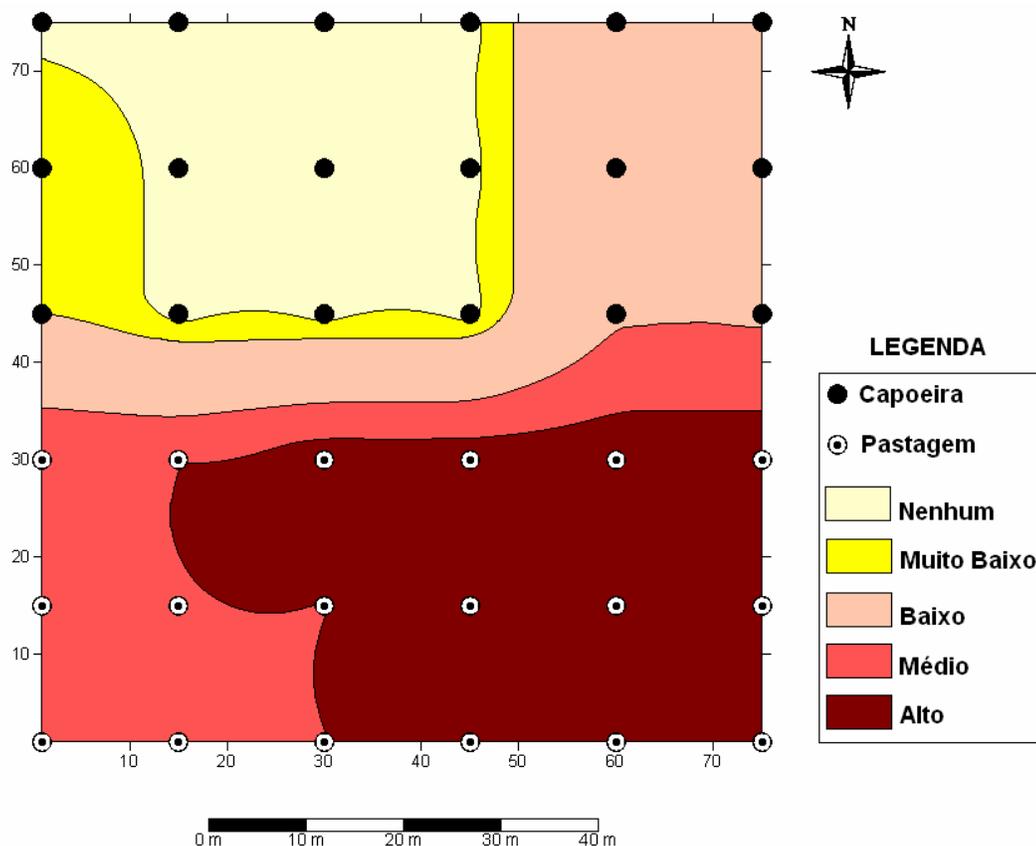
Grupos	Índice	Classe
Grupo 3	≤ 24	Alto
Grupo 4	> 24 a ≤ 30	Médio
Grupo 5	> 30 a ≤ 45	Baixo
Grupo 1	> 45 a ≤ 60	Muito Baixo
Grupo 2	> 60	Nenhum

A partir destas prerrogativas foi possível a elaboração de um mapa interpolado através de Vizinhos Naturais (Figura 12) onde foram espacializadas as informações definidas previamente através dos grupos e das análises anteriores que possibilitaram assim o balizamento de classes e a explicação dos fenômenos estudados. No diagnóstico do perímetro avaliado, disponível na Figura 12, observa-se que na área onde foram coletados os pontos de capoeira, os índices não ultrapassaram a classe “Baixo”, o oposto ocorre em pastagem, pois todos os pontos estão enquadrados nas classes “Médio” e “Alto” impedimento à infiltração.

A área de transição entre os dois ambientes, que possui 15 metros, e corresponde à divisão entre as classes “Médio”, influenciada pela pastagem, e “Baixo” com influência da capoeira, indicam que há de fato um efeito de borda pronunciado, devido à pequena distância entre os dois ambientes, assim a compactação do solo causada pelo pisoteio animal, que muitas vezes procura áreas sombreadas (cerca que divide pasto de capoeira) para descanso e alimentação, promovem certo impacto na divisa entre pasto e capoeira. Esta dinâmica na modificação das qualidades físicas do solo em áreas de borda também foi observada por outros autores como Murcia (1995); Castro & Pivello (2008); Nascimento (2008); Silva Filho (2009), corroborando com nossos resultados.

Em capoeira 56% da área foi classificada como “Nenhum” impedimento à infiltração de água, se este resultado for comparado com os mapas de superfície de tendência e de resíduos para todas as variáveis analisadas nas Figuras 7 e 8, poderá ser encontrado forte relação entre os melhores índices e a delimitação desta área à Noroeste, sendo classificada como sem impedimentos a infiltração de água no solo. 11% da área foi classificada como “Muito Baixo” impedimento e outros 33% como “Baixo”, evidenciando a recuperação efetiva das qualidades físico-hídricas em capoeira.

Figura 12 – Mapa classificatório de impedimento à infiltração em pasto e capoeira.



Em pastagem 44% da área foi classificada como “Médio” impedimento, e os outros 56% como “Alto” impedimento à infiltração de água, estes resultados corroboram as análises realizadas no decorrer deste trabalho, onde foram detectados altos valores de densidade aparente sendo inversamente proporcional aos índices de porosidade total, umidade atual, infiltração acumulada, velocidade de infiltração básica e condutividade hidráulica, caracterizando o forte impacto ambiental em função do pisoteio excessivo do gado. Com os resultados apresentados em decorrência da análise do modelo na Figura 12, ficou comprovado que este método pode ser utilizado na identificação de padrões nos estudos que buscam delimitar áreas degradadas ou em recuperação, pois o modelo mostrou-se coerente com a teoria e os resultados encontrados em campo.

7. CONCLUSÕES

Através da realização do presente trabalho foram levantados indícios de recuperação das qualidades físico-hídricas de um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico em Porto Velho-RO sob capoeira de 20 anos comparativamente a um ambiente adjacente de pastagem degradada, através da análise de diversas variáveis medidas em campo, com o intuito de se reutilizar a capoeira ao invés de desmatar novas áreas com floresta primária. Com isso pode-se chegar as seguintes conclusões:

1. Em pastagem a estrutura em blocos grandes, a pequena espessura do horizonte A, a vegetação esparsa, o excesso de formigas e cupins, e os mais altos índices de densidade aparente, acompanhado dos menores valores de porosidade total e umidade atual, confirmam o processo de compactação animal para este ambiente, contribuindo para a análise comparativa com capoeira, onde a estrutura foi granular, o horizonte A 3 vezes mais espesso, a vegetação proeminente, uma maior quantidade e variedade na fauna edáfica, e índices de densidade aparente que não são considerados compactados pela literatura, acompanhando os valores melhorados de porosidade total e umidade atual, esta recuperação significativa se deve ao desenvolvimento de vegetação secundária (capoeira), que pôde propiciar maior aeração no solo através dos canalículos de raízes e principalmente das galerias de organismos (Meso e Macrofauna) que atuam de forma determinante na melhora da porosidade do solo.
2. Os parâmetros hídricos confirmam a boa recuperação da capoeira, pois a infiltração acumulada neste ambiente foi 4 vezes superior à pastagem, a diferença na velocidade de infiltração básica foi ainda mais pronunciada, em capoeira os valores são até 100 vezes maiores que a pastagem, estes dados de capoeira foram todos classificados como “Alta” VIB enquanto que em pastagem houve valores tanto nas classes “Média” como na “Baixa” ratificando a forte restrição a infiltração água neste ambiente. Os resultados de condutividade hidráulica evidenciaram a grande variabilidade espacial desta propriedade e indicou que embora grande parte destes índices esteja na mesma classe (Baixa), fato este atribuído às próprias características de solos

argilosos, em capoeira os valores se mantêm em média 50% maiores que em pastagem, comprovando que houve uma recuperação na permeabilidade do solo em capoeira propiciando maiores taxas de infiltração, ocorrendo o inverso em pastagem, onde há uma diminuição na permeabilidade do solo, dificultando a percolação de água no perfil.

3. As equações de infiltração acumulada e de velocidade de infiltração se mostraram eficientes na modelagem, com coeficientes de correlação acima de 85% para os dois ambientes. As equações derivadas das regressões entre os parâmetros físicos e hídricos também apresentaram coeficientes de relação significativos, confirmando a influência da compactação animal nos atributos hídricos do solo.
4. As superfícies de tendência e seus respectivos resíduos, indicaram que os melhores valores físico-hídricos se localizam ao Noroeste da área de estudo, o que corresponde a capoeira, e os piores índices estão a Sudeste, na área de pastagem. A utilização da geoestatística através destes modelos demonstrou ser uma ferramenta útil e coerente para a compreensão do comportamento da dispersão espacial dos atributos físicos e hídricos do solo, bem como suas tendências.
5. A associação entre estatística multivariada através do dendograma e a geoestatística na criação de um mapa de risco interpolado por Vizinhos Naturais, apresentou grande precisão e congruência, podendo ser uma excelente ferramenta na detecção de áreas com impedimento a infiltração a fim de aumentar a eficiência no controle e recuperação deste problema ambiental.
6. Com os resultados obtidos no modelo geoestatístico, abre-se uma perspectiva para o seu uso em parcelas maiores, tendo como objetivo auxiliar no planejamento regional e local, buscando potencializar o uso do solo sem degradar e/ou desmatar novas áreas.
7. Ficou evidenciado neste estudo que há de fato uma recuperação das propriedades físico-hídricas do solo em capoeira, aceitando a hipótese

levantada neste trabalho, confirmando a relevância de maiores estudos que envolvam a recuperação natural dos solos através da revegetação natural por capoeiras na Amazônia associadas a pastagens degradadas, confirmando que este processo pode auxiliar no manejo e/ou recuperação destas áreas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMY, A.; ROMANINI, S. J. (Orgs.). **Geologia da região de Porto Velho – Abunã: Folhas Porto Velho (SC.20-V-C-V) – Estados de Rondônia e Amazonas.** Relatório final. Porto Velho: CPRM, 1990. 273p.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J. & FIORIN, J. E. **Variabilidade de solo e planta em Podzólico Vermelho-Amarelo.** R. Bras. Ci. Solo, 20:151-157, 1996.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER M. **Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho.** R. Bras. Ci. Solo, 25:717-723, 2001.

ALENCAR, A.; NEPSTAD, N; MCGRATH, D; MOUTINHO, P; PACHECO, P; DIAZ, M. D. C. V e FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica.** Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 2004, 89 p.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. **Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação.** Rev. Bras. Ciênc. Solo. 2007, v. 31, n. 4.

ALVES, M. C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: Efeitos nas propriedades físicas e químicas.** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1992. 173p. (Tese de Doutorado).

ANDRADE, A.; SOUSA, S.; DIOGO, J. M. D. **Atributos físicos do solo em diferentes tipos de manejo.** IX Simpósio Nacional Cerrado. II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Brasília-DF. 12 a 17 de Outubro, 2008.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTO, V. J.; LEITE, G. B. & KRIEGER, M. **Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo.** R. Bras. Ci. Solo, 15:139-145, 1994.

AQUINO, A. M. de. **Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional dos agroecossistemas.** In: Adriana Maria de Aquino; Renato Linhares de Assis. (Org.). *Conhecimentos e Técnicas Avançadas para o Estudo dos Processos da Biota do Sistema Solo-Planta.* Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 47-75. 2005.

ARCHAMBAULT, M.; LHÉNAFF, R.; VANNEY, J. R. **Documents et méthodes pour le commentaire des cartes (géographie et géologie).** Paris: Masson & Cie, 1967.

AZEVEDO, E. C. de; SVERZUT, C. B. **Alterações dos atributos físicos e químicos do solo sob pastagem no Sudoeste do Estado de Mato Grosso.** *Revista Agricultura Tropical*, v. 9, p. 7-23, 2007.

BAILEY, T. C.; GATRELL, T. C. **Interactive Spatial Data Analysis.** London: Prentice Hall, 1995.

BARCELLOS, A. de O. **Recuperação de pastagens degradadas. Curso de formação e manejo de pastagens.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1990. s.n.t. (Embrapa-CPAC. Série Treinamento).

BASTOS, T. X. **O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira.** *Boletim Técnico do Instituto Agropecuário do Norte.* Belém (59): 88-122, 1972.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil structure - evaluation and agricultural significance.** In: BAVAR, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. *Soil physics.* 4 ed. New York: John Wiley & Sons. Ch.5, p.178-223. 1972.

BEARE, M. H., COLEMAN, D. C., CROSSLEY JR, D. A., HENDRIX, P. F.; ODUM, E. P. **A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling.** *Plant and Soil* 170: 5-22. 1995.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, E. X.; KURTZ, C. **Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes ofertas de forragem de capim Elefante-Anão Cv. Mott.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, BRASÍLIA, DF, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, 2000.

BERTOL, I.; GOMES, K. E.; DENARDIN, R. B. N.; MACHADO, L. A. Z.; MARASCHIN, G. E. **Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural.** Pesq. Agropec. Bras., 33:779-786, 1998.

BERTOLANI, F. C. **Caracterização física dos solos de uma microbacia hidrográfica degradada, em Vera Cruz – SP.** Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Brasil. Mestrado em Engenharia Agrícola. 87 p.1998.

BERTOLANI, F. C.; VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos.** Rev. Bras. Cienc. Solo, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 987-995, 2001.

BHARATI, L.; LEE, K. H.; ISENHART, T. M.; SCHULTZ, R. C. **Soil-water infiltration under crops, pasture, and established riparian buffer in Midwest USA.** Agrofor Syst 56:249–257. 2002.

BOSCH, D. D.; WEST, L. T. **Hydraulic conductivity variability for two soils.** Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, v. 62, p. 90-98, 1998.

BOTELHO, M. R.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A.; AZEVEDO, A. C.; BORKOWSKI, R.; MIGUEL, P. **Medida da cor em solos do Rio Grande do Sul com a carta de Munsell e por colorimetria.** Ciência Rural, v. 36, p. 1179/4, 2006.

BOUMA, J. **Influence of soil macroporosity on environmental quality.** Advances in Agronomy, San Diego, v. 46, p. 2-36, 1991.

BRADFORD, J. M.; PETERSON, G. A. **Conservation tillage.** In: SUMMER, M.E. (Ed.). Handbook of soil science. New York CRC Press. p.G247-C298. 2000

BRAGAGNOLO, J.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; GIRARDELLO, V. C. **Compactação do solo induzida por pisoteio bovino em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto.** In: XXXI Congresso Brasileiro de ciência do solo, 2007, Gramado-RS. XXXI Congresso Brasileiro de ciência do solo, v. 01. 2007.

BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D.; RUIZ, H. A.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MARTINEZ, M. A.; MENEZES, S. J. M. C. **Resistência hidráulica da crosta formada em solos submetidos a chuvas simuladas**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, vol.30, no.1, p.13-22. Fev. 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radambrasil. Folha SC.20 Porto Velho; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 668p. 1978.

BRIENZA JÚNIOR, S. **Recuperação de áreas degradadas desafia pesquisadores**. Mar. 2007. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br>>. Acesso em: 10 jan. 2009.

BROWN, S.; LUGO A. **Tropical secondary forests**. J. Tropical Ecology 6:1-32. 1990.

BUDOWSKI, G. **Sistemas agrosilvopastoris en los trópicos húmedos**. Turrialba: CATIE, Costa Rica, 26p. 1978.

CARMO, G. F. **Efeito de três tipos de cobertura vegetal sobre a velocidade de infiltração básica (VIB)**. Viçosa: UFV, Dissertação (Mestrado). 29 p. 1976.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em www.funape.org.br/geomorfologia. Acessado em 15 de janeiro de 2009.

CASTRO, A. R. MACEDO, R. L. G., SILVA, M. L. N.; SALGADO, B. G.; GOMES, J. E. **Resistência à penetração do solo em sistemas agrossilvipastoris**. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal.v. 2, n. 3, p. 6. 2004.

CASTRO, D. M.; PIVELLO, V.R. **Efeitos de borda sobre o solo em fragmentos de cerradão, na região nordeste do estado de São Paulo, derivados do manejo agrícola**. In: IX Congresso Nacional sobre o Cerrado, 2008, Brasília. Anais do IX Congresso Nacional sobre o Cerrado. Embrapa: Planaltina, 2008.

CAMARGO, E. C. G. **Análise espacial de superfícies por geoestatística**. In: FUCKS, S. D.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A M. V. (ed.) **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 05/02/2009.

CAMARGO, O. A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas, Fundação Cargil, 44p. 1983.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, 1997. 132p.

CAMARGO, E.; FUCKS, S.; CÂMARA, G. **Análise Espacial de Superfícies**. In: FUCKS, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. (Org.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, p. 79-122. 2004.

CAMPOS, R. C.; DEMATTÊ, J. A. M. **Cor do solo: uma abordagem da forma convencional de obtenção em oposição a automatização do método para fins de classificação de solos**. Revista brasileira de ciência do solo. Viçosa – MG, N28, p. 853 – 863. 2004.

CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D. N.; COSTA, O. C. **Impacto do animal sobre o solo: compactação e reciclagem de nutrientes**. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, 2001, Piracicaba. Anais. Piracicaba: SBZ, p.826-852, 2001.

CARDURO, F. A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e campo para irrigação e drenagem**. Brasília: PRONI/MA. 216p. 1988.

CARVALHO, S. R. **Influência de dois sistemas de manejo de pastagens na compactação de uma Terra Roxa Estruturada**. Piracicaba: USP/ESALQ, Dissertação de Mestrado. 89p. 1976.

CARVALHO JR., I. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. F. **Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região do Cerrado**. R. Bras. Ci. Solo, 22:505-514, 1998.

CASSIA, M. T.; CARVALHO FILHO, A.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; BONTEMPO, A. R.; FERREIRA, R. C.; FERREIRA JÚNIOR, J. A. **Determinação da resistência do solo à penetração em função do manejo de pastagens**. In: 1º Seminário de Iniciação Científica do CEFET-Uberaba. 2008.

CAVALIERI, K. M. V. **Aspectos metodológicos da pesquisa sobre compactação e qualidade física do solo.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, USP, Brasil. 2007.

CAVENAGE, A. **Alterações das propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes usos e manejos.** Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 1996. 75p. (Trabalho de Graduação)

COCHRANE, T. T.; BROUWER, G.; VERA, C. I.; VAN DORST, M.; DROS, J. M.; SEPÉDA, J. R.; SNETHLAGE, M.; TJALMA, A.; VAN DER VELD, P.; MOURA, J. B. de; BRÁUN, F. H. **The land resources of the state of Rondônia, Brazil: a soils of terrain land resource survey.** Tecnosolos-DHV-EPTISA, Porto Velho, BR. p. i-xv. 1998.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil.** São Paulo: Moderna. 368 p. 1982.

COLET, M. J. **Alteração de propriedades físicas de um solo, sob pastagem degradada, submetido à escarificação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas. 67 p. 2006.

COOLEY, R. L. **Practical scheffe-type credibility intervals for variables of a groundwater model.** Water Resour. Res., Washington, DC, v. 35, n. 1, p. 113-126, 1999.

COOPER, M.; TORRADO, P. V. **Caracterização Morfológica, Micromorfológica e Físico-Hídrica de Solos com Horizonte B Nítico.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 581-595, 2005.

CORREIA, M. E. F. **Relação entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia. (Embrapa Agrobiologia. Documento, 156). Dez. 33p. 2002.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. **Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um latossolo amarelo da Amazônia Central.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.30, p.107-114. 1995.

CORSINI, P. C. **Modificações de características físico-hídricas em perfis das séries Jaboticabal Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intenso.** Científica, Jaboticabal, v.2, n2, p. 148-161, jul/dez. 1974.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FOUTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. **Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional.** R. Bras. Ci. Solo, 7:527-535, 2003.

COSTA, E. L.; SILVA, A. M. da; COLOMBO, A.; ABREU, A. R. de. **Infiltração de água em solo, determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.2, p.131-134, 1999.

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PAULINO, V. T.; PEREIRA, R. G. de A. **Recuperação e renovação de pastagens degradadas.** Revista Electrónica de Veterinária, Madrid, v.2, n1, p.9-43, 2006.

COSTA, A. da; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; SILVA, F. R. da. **Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária.** Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. vol.33, n.2, pp. 235-244. 2009.

COTTRELL, A.: **Gretl Manual: Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library.** Department of Economics, Wake Forest University; 2004. Disponível em: <http://gretl.sourceforge.net/manual.pdf>. Acessado: 20 de janeiro, 2009).

CRUZ, C. D. **Programa GENES - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística.** Editora UFV, Viçosa, MG, pp. 442. 1997.

CUNHA, J. L. X. L. **Velocidade de Infiltração da Água em um Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo.** Dissertação (Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) - Universidade Federal de Alagoas. f.51. 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. **Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e níveis de teor de água.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 020, n. 01, p. 01-04, 2002.

DALE, V. H; O'NEILL R V.; SOUTHWORTH, F; PEDLOWSKI, M. **Modeling Effects of Land Management in the Brazilian Amazonian Settlement of Rondonia.** Conservation Biology, v. 8 n. 1, p. 196-206, 1994.

DANIEL, J. A.; POTTER, K.; ALTOM, W.; ALJOE, H.; STEVENS, R. **Long-term grazing density impacts on soil compaction.** Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 45:1911-1915, 2002.

DEMATTE, J. L. I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos da Região Amazônica.** Campinas: Fundação Cargill, 215 p., 1988.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação.** 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.

DIAS FILHO, M. B. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas.** In: Gonzaga Neto, S.; Costa, R. G.; Pimenta Filho, E. C.; Castro, J. M. da C. (Eds) SIMPÓSIOS DA REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43. João Pessoa, Anais...João Pessoa: SBZ: UFPB, p. 535-553. 2006a.

DIAS FILHO, M. B. **Competição e sucessão vegetal em pastagens. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental.** 38p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 240). 2006b.

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. **O processo de compactação do solo e sua modelagem.** R. bras. Ci. Solo, n. 20, p. 357-365, 1996.

DIEBOLD, C. H. **Permeability and intake rates of medium textured soils in relation to silt content and degree of compactation.** SSSAJ, Madison, 18:339-343, 1954.

DIIWU, J. Y.; RUDRA, R. P. DICKINSON, W. T. WALL, G. J. **Two component transfer function modeling of flow trough macro porous soil.** Journal of Agricultural Engineering Research, v. 80, n. 2, p. 223-231, 2001.

DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality.** In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison, ASA, CCSA, SSSA. p.3-21. (SSSA Spec. Publ., 35), 1994.

DOURADO, K. A. **Condutividade Hidráulica de Materiais de Baixa Permeabilidade: Desenvolvimento, Construção e Teste de um Sistema de Medida**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

EGUCHI, E. S.; SILVA, E. L.; OLIVEIRA, M. S. **Variabilidade Espacial da Condutividade Hidráulica do Solo Saturado e da Taxa de Infiltração Básica Determinadas "In Situ"**. Revista Ciência e Agrotécnica, Lavras, MG, v. 27, p. 1607-1613, 2003.

ELLIOTT, A. H.; TIAN, Y. Q.; RUTHERFORD, J. C.; CARLSON, W. T. **Effect of cattle treading on interill erosion from hill pasture: modelling concepts and analysis of rainfall simulator data**. Australian Journal of Soil Research 40, 963-976. 2002.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 247p. 1979.

EMBRAPA (CNPS). **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. 2ª edição. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 314p. 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **State of the World's Forests**. Rome. 1997.

FARIA, J. M. R.; DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. **Comportamento de espécies florestais em área degradada com duas adubações de plantio**. CERNE (UFL), Lavras, MG, v. 3, n. 1, p. 25-44, 1997.

FERREIRA DA COSTA, R.; FEITOSA, J. R. P.; FISCH, G.; SOUZA, S. S.; NOBRE, C. A. **Variabilidade diária da precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia**. Acta Amazônia 28 (4): 395-408. 1998.

FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. G. S. M. **A fauna de artrópodes de serapilheira de áreas de monocultura com Eucalyptus sp. e mata secundária heterogênea**. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 27:395-403. 1998.

FERREIRA, F. P.; SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. **Condutividade Hidráulica Saturada, Infiltração de Água e compactação do solo no Sistema Plantio Direto**. In: XIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Ilhéus - BA. 2000.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A. & SCAPIM, C.A. **Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um Latossolo Vermelho**. R. Bras. Ci. Solo, 31:9-19, 2007.

FLORES, B. M.; LUIZÃO, F. J.; OLIVEIRA, F. L. de. **Produção e estocagem de liteira fina em florestas secundárias (capoeiras) com diferentes históricos e intensidades de uso**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro, Caxambu – MG. 2007.

FOTH, H. D. **Fundamentals of Soil Science**. Eighth Edition. John Wiley & Sons. New York. 1990.

FRAGOSO, C.; ROJAS, P.; BROWN, G. **The role of soil macrofauna in the paradigm of tropical soil fertility: some research imperatives**. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, p. 421- 428. 1999.

GASPAR, M. T. G. **Sistema Aquífero Urucuia: caracterização regional e propostas de gestão**. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade de Brasília, Instituto de Geociências. Brasília. 158 p. 2006.

GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G.; CADAMURO, A. L. M. **Condições de infiltração em solos na região de recarga do sistema aquífero Urucuia no oeste da Bahia sob diferentes condições de usos**. Revista Brasileira de Geociências, 37(3): 542-550. Set. 2007.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2º ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1988. 291p.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R.; FONTINELLI, F. **Efeito de sistemas manejo em atributos físico-mecânicos de um Argissolo Vermelho.** In: XIII Reunião Brasileira do Manejo do Solo e da Água, 2000, Ilhéus. 500 anos de uso do solo. Viçosa: SBCS, 2000.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas.** R. Bras. Ci. Solo, 28: 477-484, 2004.

GHILDYAL, B. P.; SATYANARAYAMA, T. **Effects of soil compaction on the physical properties of four different soils.** J. Ind. Soc. Soil Sci., 13: 149-155, 1965.

GOES, L. A. C. **Estatística uma abordagem decisorial.** São Paulo: Saraiva, 1980.

GOMEZ-POMPA, A. **Possible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical.** Biotropica. College Park, Maryland, v.3, n.2, p.125-135, Dec. 1971.

GREENWOOD, K. L.; MCKENZIE, B. M. **Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: A review.** Austr. J. Exper. Agric., 41:1231-1250, 2001.

GREGO, C. R. & VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo e uma parcela experimental.** R. Bras. Ci. Solo, 29:169-177, 2005.

GUERRA, A. J. T. **O início do Processo Erosivo.** In: Erosão e Conservação dos Solos - Conceitos, Temas e Aplicações. A. J. T. GUERRA; SILVA, Antônio Soares e R.G.M. BOTELHO (orgs.). Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, pp. 15-55. 1999.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 648. 2001.

GUPTA, R. K.; RUDRA, R. P. DICKINSON, W. T. PATNI, N. K. WALL, G. J. **Comparison of saturated hydraulic conductivity measured by various field methods.** Transactions of the Asae, St Joseph, v. 36, n. 1, p. 51-55. 1993.

HAKANSSON, I.; LIPIEC, J. **A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction.** Soil & Tillage Research. v.53, p.71-85, 2000.

HILLEL, D. **Solo e Água; fenômeno e princípios físicos.** Porto Alegre: UFRGS, 1970. 231p.

HORTON, R. E. **An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity.** Soil Science Society of America Proc, 5: 399-417, 1940.

HURTIENNE, T. **Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia.** In: Novos cadernos NAEA/UFGA. V.8, nº.1, Junho/2005.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Série: Manuais Técnicos em Geociências, nº1. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1992.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia.** Série: Manuais Técnicos em Geociências, nº1. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1995.

ICHIHARA, S. M. **Desmatamento e recuperação de pastagens degradadas na região amazônica: uma abordagem através das análises de projetos.** 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Departamento de Economia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, 2003.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A. **Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, 2000.

INGARAMO, O. E. **Indicadores físicos de la degradación del suelo.** (Tese de Doutorado) La Coruña, Universidade da Coruña, 2003. 298p.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **PRODES Digital.** Disponível em: < <http://www.obt.inpe.br/prodesdigital> > Acesso em 02 mar. 2009.

JOAQUIM JUNIOR, G. O.; CICHOTA, R.; CONDINI, F. G. M. & van LIER, Q. J. **Padrões de variabilidade espacial para densidade e umidade em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14. Cuiabá, 2002. CD-ROM.

JUHÁSZ, C. E. P.; CURSI, P. R.; COOPER, M.; OLIVEIRA, T. C. **Dinâmica físico-hídrica de uma toposseqüência de solos sob savana florestada (cerradão) em Assis, SP, Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 401-412, 2006.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 264 p. 1979.

KING, L. C. **A Geomorfologia do Brasil Oriental.** Revista Brasileira de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro, 18(2), p.147-266. 1956.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera.** São Paulo, Nobel, 1984. 408p.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. **Condutividade hidráulica de um latossolo roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo.** Ciência Rural, Santa Maria-RS, v. 32, n. 6, p. 945-953, 2002.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L.; SILVA, A.P. **Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.18, n.2, p.45-54, 1998.

KUTILEK, M.; NIELSEN, D. R. **Soil hydrology.** Berlin: Catena Verlag, 1994.

LAL, R. **Role of mulching techniques in tropical soil and water management.** Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, Technical Bulletin 1, 37p. 1974.

LAL, R. **Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, (Documentos 3). 97 p. 1999.

LAL, R.; SHUKLA, M. K. **Principles of soil physics.** New York: Marcel Dekker Inc., 2004.

LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. **Soil Mechanics**. John Willey & Sons, New York. 1979.

LANDIM, P. M. B. **Análise Estatística de Dados Geológicos**. Editora Unesp. 1998.

LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T.; NICOLOSO, R.; GIRARDELLO, V.; SILVA, V. L. da; BRAGAGNOLO, J. **Efeito do pisoteio bovino na infiltração de água de um Argissolo Vermelho-amarelo**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005, Recife. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. **Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto**. R. Bras. Ci Solo, v. 31, p.1131-1140, 2007.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. **Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers**. European Journal of Soil Biology, v.33, p.159-193, 1997.

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

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da Água no Solo**. São Paulo: EDUSP - Editora da Universidade de São Paulo. v. 1. 344 p. 2005.

LIMA, C. A. G.; SILANS, A. P. **Um Estudo da Variabilidade Espacial da Infiltração da Água no Solo**. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n. 12, p. 2311-2320, 1999.

LIMA, C. L. R. de; SILVA, A. P.; IMHOFF, S. D. C.; LEÃO, T. P. **Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado**. R. Bra. de Ciência do Solo, v. 28, n. 6, p. 945-951, 2004.

LIMA, E. P.; SAMPAIO, F. A. R.; CASTRO, L. D. M.; MACIEL, S. P. A.; SANTOS, W. A. **Densidade do solo em áreas cultivadas com pastagens no Estado de Rondônia-RO**. Conferência Científica Internacional LBA, GEOMA & PPBio Amazônia em Perspectiva: Por uma Ciência Integrada. Manaus-AM. 17 a 20 de nov. 2008.

LINS E SILVA, M. L. **Modelagem matemática na estimativa da densidade de um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa, pelo índice de cone.** Campinas: UNICAMP, 1999, 161p. Tese (Doutorado).

LIPIEC, J.; ARVIDSSON, J.; MURER, E. **Review of modeling crop growth, movement of water and chemicals in relation to topsoil and subsoil compaction.** Soil & Tillage Research. v. 73, p.15-29, 2003.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. **Krigagem como método de interpolação para modelagem de dados geográficos.** Ciência Geográfica, v. 1, p. 12-20, 2001.

LOUSADA, E. O. **Estudos hidroquímicos e isotópicos no Distrito Federal: modelos conceituais de fluxo.** Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. Brasília. 128 p. 2005.

LUCAS, R. M; HONZÁK, I.; DO AMARAL, P. J.; CURRAN, P. J.; FOODY, G. M. **Forest regeneration on abandoned clearances in central Amazônia.** International Journal of Remote Sensing, v. 23, n. 5, p. 965-988; 2000.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L.O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo.** Livraria Freitas bastos Editora S.A. Rio de Janeiro. 182p. 2001.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. **Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária.** In FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L. R. A. DE; REIS, R. A. (Eds.). SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2., 1993, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.216-245.

MACHADO, M. R.; RODRIGUES, F. C. M. P.; PEREIRA, M. G. **Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação.** Revista Árvore, v. 32, p. 143-151, 2008.

MANHÃES, C. M. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C. **Caracterização da fauna do solo e da serapilheira de leguminosas florestais em pastagem na região norte fluminense.** Revista Brasileira de Agroecologia (Online), v. 2, p. 1220-1223, 2007.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira**. 1ª ed. Brasília: Banco Mundial, 2003. 100 p.

MARINI, G. B. S. **Variação de Umidade em um Latossolo Amarelo em Área de Pastagem Degradada, no Município de Porto Velho – RO**. Monografia de Geografia – UNIR. 2008. 64 f.

MCDOWELL, R. W.; HOULBROOKE, D. J.; MUIRHEAD, R. W.; MULLER, K.; SHEPHERD, M.; CUTLLE, S. P. **Grazed Pastures and Surface Water Quality**. Ed. Nova Science Publishers Inc. 238 p. 2008.

MEDEIROS, G. A.; PERINI, M.; LUCARELLI, J. R. F.; DANIEL, L. A. **Influência da compactação do solo sobre a condutividade hidráulica saturada para um solo argiloso**. R. Ecosistema. 26: 165-169, 2001.

MELO FILHO, J. F. de. **Variabilidade dos parâmetros da equação da condutividade hidráulica em função da umidade de um latossolo sob condições de campo**. Piracicaba, 2002. 145p. Tese (Doutorado) - ESALQ, USP.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo. Oficina de texto. 2007.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. & CORRENTE, J. E. **Caracterização estatística de variáveis físicas do solo**. Acta Sci., 25:35-44, 2003.

MITCHELL, J. K. **Fundamentals of soil behavior**. 2ª edição. Berkeley: John Wiley & Sons, 1993.

MILLÁN ROMERO, E. **Condutividade hidráulica, porosidade e resistência à penetração em Latossolos artificialmente compactados**. Dissertação (Mestrado) UFV. 55p. 2007.

MOÇO, M. K.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F. **Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.555-564, 2005.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 10, n. 1, p. 30-37, 2006.

MOORE, I. D.; LARSON, C. L. **An infiltration - runoff model for cultivated of soils.** Transactions of the ASAE, St. Joseph. v.23, n.6, p. 1460-1467, 1980.

MORAES, M. F.; OLIVEIRA, G. C.; KLIEMANN, H. J.; SEVERIANO, E. C.; SARMENTO, P. H. L.; NASCIMENTO, M. O. **Densidade e porosidade do solo como diagnóstico do estado de degradação de solos sob pastagens na região dos Cerrados.** In: V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Belo Horizonte. Anais do V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas: água e biodiversidade. Belo Horizonte – MG : SOBRADE, P. 256-258. 2002.

MORÁN, E. F.; BRONDÍZIO, E. S.; MCCRACKEN, S. D. **Trajectories of land use. Perspective.** In: WOOD, C. & PORROS, R. Patterns and processes of land use and forest change in the Amazon. Gainesville: Florida University Press, p.193-217; 2002.

MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. **Atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.35, n.3, p.155-161, 2005.

MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. S. **Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, n.11, p.1409-1418, 2001.

MUNIZ, A. L. V.; ESQUERDO, L. N.; RIBEIRO, M. S.; SILVA, M. F. F. DA; PINHEIRO, K. A. O.; ALVINO, F. O.; ARAÚJO, E. L. S. DE; CARDOSO JUNIOR, R. C. **Dinâmica de floresta secundária com e sem tratamento silvicultural para fins de manejo no nordeste paraense.** Amazônia, v. 2, p. 53-65, 2007.

MURCIA, C. **Edge effect in fragmented forests: implications for conservation.** Tree, v.10, o.58-62, 1995.

NASCIMENTO, M. I. **Manutenção de uma faixa de eucaliptos para proteção da borda de um fragmento florestal.** Dissertação de Mestrado em Ecologia aplicada - Interunidades ESALQ-CENA. p. 80. 2008.

NEVES JUNIOR, A. F. **Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia.** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2005. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Piracicaba: USP, 2005, 65p.

NOBRE, E. M. G. **Estudo experimental da condutividade hidráulica de solo argiloso compactado: contaminação por gasolina.** Dissertação (Mestrado), UFPE Engenharia Civil, p.90, 2004.

NOLLA, D. **Erosão do solo, o grande desafio.** 1ª ed., Porto Alegre, DDIR/CORAG, 1982. 412p.

OLIVEIRA, L. A. **O Sistema Aquífero Bauru na Região de Araguari/MG: parâmetros dimensionais e propostas de gestão.** Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. Brasília. 121 p. 2002.

OLIVEIRA, J. J.; CHAVES, L. H. G.; QUEIROZ, J. E.; LUNA, J. G. **Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico.** R. Bras. Ci. Solo, 23:783-789, 1999.

OLIVEIRA, M. L.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.4, p.535-539, 2005.

PAULA, J. I. V. de; **Avaliação das propriedades hidrodinâmicas do solo para a estimativa da recarga do aquífero.** Dissertação Mestrado, UFPE, Tecnologias energéticas e Nucleares. 67 p. 2005.

PEQUENO, P. L. de L.; MOTTA, G.; BROGIO, M. P.; SHLINDWEIN, J. A.; CUSTÓDIO, F. A. **Avaliação da densidade do solo e porosidade total em diferentes formas de uso e manejo do solo em Rolim de Moura, Rondônia.** In: I SEPEX Seminário de Pesquisa e Extensão Rural. UNIR - Rolim de Moura. 23 jun. 2007.

PEREIRA, E. X. **Avaliação da compactação de solos em áreas de pastagem com Latossolo Amarelo Álico e Podzólico Amarelo plíntico.** (Monografia apresentada á Universidade Federal de Rondônia), Porto Velho, 2000.

PEREIRA, J. M. **Manejo estratégico da pastagem.** In: XXVII Semana do Fazendeiro, 2005, Uruçuca-BA. XXVII Semana do Fazendeiro - Agenda Técnica. Ilhéus - BA: Ceplac, v. 1. p. 125-135. 2005.

PEREIRA, C. A.; VIEIRA, I. C. G. **A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia.** Interciência, 26(8):337-341. 2001.

POTT, C. A.; ROSIM, D. C.; DE MARIA, I.C. **Velocidade de infiltração de água - para que serve e como avaliar essa importante propriedade do solo.** O Agrônomo, Campinas, v. 57, p. 27 - 28, 01 jul. 2005.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos.** Ed. SAEAFS. Curitiba, PR. 446p. 1996.

PRIEKSAT, M. A.; KASPAR, T. C.; ANKENY, M. D. **Positional and temporal changes in ponded infiltration in a corn field.** Soil Science Society of America Journal 58, 181–184. 1994.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico dos solos; A agricultura em regiões tropicais.** 7a ed. São Paulo: Nobel. p. 549, 1984.

PUERTA, R. **Regeneração arbórea em pastagem abandonada na região de Manaus em função da distância da floresta contínua.** Scientia Florestalis, n.62. p.32-39, 2002.

QUEIROZ, J. E. **Parâmetros hidro-dinâmicos de um solo de várzea para fins de drenagem subterrânea.** 1995. 167 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.

RADKE, J. K.; BERRY E. C. **Infiltration as a tool for detecting soil changes due to cropping, tillage, and grazing livestock.** American Journal of Alternative Agriculture 8: 164–174. 1993.

REICHARDT, K. **Capacidade de campo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.12, n.13, p.211-216, 1988.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Piracicaba-SP: Manole, 1990. 188p.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba, SP. ESALQ/USP. Depto. Física e Meteorologia, 505p. 1996.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. **Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. R. Ci. Amb., 27:29-48, 2003.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; CUBILLA, M. M. **Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1806-1816, 2008.

REIS, E. **Estatística Descritiva**. Lisboa: Silabo, ed. 4, 1998.

REIS, E. **Estatística Multivariada Aplicada**, Edições Sílabo, 2001.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CÔRREA, G. F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 4.ed. Viçosa: Neput. p. 237-257. 2002.

REZENDE, F. C.; SCALLOPI, J. E. **Avaliação de métodos para a determinação das características de infiltração por sulcos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.20, n.2, p.227-233, 1985.

RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J. **Models for the estimation of the physical quality of a Yellow Red Latosol (Oxisol) under pasture**. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 47, n. 1, p. 25-31, 2004.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. **Compactação do solo: Causas e efeitos**. Semina, v.26, p.321-344, 2005.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2 a Edição. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda. 1997. 747 p.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. **Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online), v. 11, p. 73-80, 2007.

RODRIGUES, L. R. de A.; QUADROS, D. G.; RAMOS, A. K. B. **Recuperação de Pastagens Degradadas**. In SIMPÓSIO PECUÁRIA 2000 – PERSPECTIVAS PARA O III MILÊNIO, Anais, 1., Pirassununga, 2000.

RÔNDONIA. Secretária do Estado de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho 146p. 2002.

ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. S.; CARVALHO, C. J. R. **Comunidades de minhocas, formigas e outros grupos da macrofauna do solo em sistemas de agricultura tradicional e sem fogo na Amazônia Oriental**. Workshop Pan-Amazônico: Biodiversidade no Solo. Rio Branco-AC. 27-29 Set. 2007.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. **Compactação do solo: conseqüências para o desenvolvimento vegetal**. Planaltina: Embrapa-Cerrados, (Documentos 136). 26p, 2005.

SALES, L. E. de O.; FERREIRA, M. M.; OLIVEIRA, M. S. **Estimativa da Velocidade de Infiltração Básica do Solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n. 11, p. 2091-2095, 1999.

SANTANA, L. M. de; SILVA, I. F. de; ANDRADE, A. P. de; SILVA, A. F. **Efeito de sistemas de cultivo sobre a infiltração de água em um solo podzólico vermelho amarelo**. Agropecuária Técnica-CA/UFPB, Vol. 20, nº 2. p. 25-31. 1999.

SANTI, G. R.; COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; PELLEGRINI, A.; KUNZ, M.; KAISER, D. R. **Efeito do Pisoteio Bovino na Compactação de Solo Argiloso na Região do Planalto Gaúcho**. In: XV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2004, Santa Maria - RS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.

SANTOS, M. C. **Formação de pastagens degradadas**. Informativo. Ago. 2007. Disponível em: www.pastobras.com.br/br/artigos. Acessado: 06/jul/2009.

SCANDOLARA, J. E. **Geologia da região de Porto Velho - Abunã: Folhas Porto Velho (sc.20-V-C-V)** – Estudos de Rondônia e Amazonas. Porto Velho: CPRM, p 33- 83. 1990.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALBUQUERQUE, M. A. **Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.5, p.669-678, 2002.

SCHERPINSKI, C. **Variabilidade Espacial dos Atributos Físicos e Hídricos do Solo e da Produtividade da Cultura da Soja em Uma Área Comercial.** Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel. 2005.

SECCO, D.; SILVA, V. R. da ; RUBIN, R. B.; GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J. **Efeitos da Compactação nos Atributos Físicos do Solo e na Produtividade da Cultura do Trigo.** In: XIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Ilhéus -BA: Universitária, 2000.

SEILER, K. P.; GAT, J. R. **Groundwater Recharge From Run-Off, Infiltration And Percolation.** Ed: Springer. Water Science and Technology Library. 264 p. 2007.

SIBSON, R. **A brief description of natural neighbor interpolation.** In V. Barnett. Interpreting Multivariate Data. Chichester: John Wiley. pp. 21–36. 1981.

SILVA, A. S. **Análise Morfológica dos Solos e Erosão.** In: GUERRA, A.J.T. et al. **Erosão e Conservação dos Solos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SILVA, C. L.; KATO, E. **Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado.** Pesq. Agropec. Bras. Brasília, v. 32, n. 2, p. 213-220, 1997.

SILVA, C. L.; KATO, E. **Avaliação de modelos para a previsão da infiltração de água em solos sob cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.7, p.1149-1158, 1998.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK L.; FEIJÓ, S. **Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p. 1013- 1020, 2003.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, p.191-199, 2000.

SILVA FILHO, E. P. da. **Estudo da Degradação dos Solos em Áreas de Pastagens no Município de Porto Velho (RO)**. Tese de Doutorado. UNESP/Rio Claro, 159p. 2009.

SILVA FILHO, E. P.; CARNEIRO, E. **Avaliação da compactação do solo em áreas de pastagem no município de Porto Velho - RO, Amazônia Ocidental**. Primeira Versão (UFRO). Porto Velho-RO, p. 1-11, 2002.

SILVA FILHO, E. P.; COTTAS, L. R.; MARINI, G. B. S. **Impacto ambiental e as áreas de pastagens degradadas na Amazônia**. In: X Simpósio de Geologia da Amazônia, 2007, Porto Velho. Anais do X Simpósio de Geologia da Amazônia, v. 1. p. 423-424. 2007.

SILVEIRA, A. L. DA; LOUZADA, J. A.; BELTRANE, L. **Infiltração e Armazenagem no solo**. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência aplicação**. Porto Alegre: Universidade. ABRH, EDUSP, 1993.

SOANE, B. D.; BLACKWELL, P. S.; DICKSON, J. W.; PAINTER, D. J. **Compaction by agricultural vehicles: a review**. I. Soil and wheel characteristics. Soil and Tillage Research 1, 207–237. 1981.

SOARES, P. V.; PEREIRA, S. Y.; COELHO SIMÕES, S. J.; BERNARDES, G. P.; BARBOSA, S. A. **Mapa de Infiltração do Alto e Médio Vale do Paraíba do Sul com base em elementos da paisagem**. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 83-90.

SOARES, J. P. G.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L. **Recuperação de Pastagens em Rondônia**. <http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/Artigos/recupera.html> em 23 de março de 2009.

SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. **Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 07, n. 02, p. 191-196, 2003.

SOUZA, L. S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992, 166p. (Tese de Doutorado).

SOUZA, Z. M. de; ALVES, M. C. **Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Paraíba, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

SOUZA, M. T.; CAMPOS, J. E. G. **O papel dos regolitos nos processos de recarga de aquíferos do Distrito Federal**. Revista da Escola de Minas, Ouro Preto, v. 54, n. 3, p. 191-198, 2001.

SOUZA, J. R. S.; CARVALHO, S. P.; COHEN, J. C. P.; ALVALÁ, R. C. S.; GANDÚ, A. W. **Variabilidade da Temperatura e umidade em solos sob Floresta, Pastagem e Manguezal, no Leste da Amazônia**. In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu-PR, 2002.

SOUZA, J. R. S.; CARVALHO, S. P.; COHEN, J. C. P.; ALVALÁ, R. C. S.; GANDU, A. W. **Umidade do solo sob floresta, pastagem e área agrícola no leste da Amazônia**. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. **Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo**. R. Bras. Ci. Solo, 22:77-86, 1998.

SOUZA, M. Z.; SILVA, M. L. S.; GUIMARÃES, G. L.; AMPOS, D. T. S.; CARVALHO, M. P. & PEREIRA, G. T. **Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS)**. R. Bras. Ci. Solo, 25:699-707, 2001.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. **Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, p. 129-136, 2009.

STEININGER, M. K. **Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass data from Brazil and Bolivia**. International Journal of Remote Sensing, v. 21, n. 6-7, p. 1139-1157, Apr 15, 2000.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; **Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo**. R. Bras. Ci. Solo, 25: 395-401, 2001.

SURFER. **Surfer 8.0: contouring and 3rd surface mapping for scientists and engineers**. User's Guide. New York: Golden Software, 619p. 2002.

SUZUKI, L. E. A. S. **Qualidade físico-hídrica de um Argissolo sob floresta e pastagem no Sul do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil.136 f. 2008.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C.; HIPÓLITO, J. L. **Alteração na infiltração de água de um Latossolo Vermelho-Amarelo do noroeste do Estado de São Paulo sob sistema de preparo convencional**. R. Iniciação Cient., 2:57-63, 2000.

SWEENEY, D. W.; KIRKHAM, M. B.; SISSON, J. B. **Crop and soil response to wheel-track compaction of a claypan soil**. Agronomy Journal, Madison, v. 98, p. 637-643, 2006.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **The decomposer organisms**. In: Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Berkeley, University of California Press p.66-117. 1979.

TARAWALLY, M. A.; MEDINA, H.; FRÓMETA, M. E.; ITZA, C. A. **Field compaction at different soil-water status: effects on pore size distribution and soil water characteristics of a Rhodic Ferralsol in Western Cuba.** Soil & Tillage Research. v.76, p.95-103, 2004.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; BALBINO, L. C.; NEVES, C. S. V. J. **Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 393-399, 1999.

TAYLOR, H. M.; GARDNER, H. R. **Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content, and strength of soil.** Soil Sci., 96:153-156, 1963.

THOMAZ, E. L. **Geomorfologia Ambiental e agricultura familiar na bacia do rio Iratim - Guarapuava -PR.** Ra' e Ga. n. 4, p. 37-48, 2000.

TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; ARAÚJO, M. A.; PINTRO, J. C. **Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico.** R. bras. de Eng. Agrícola e Ambiental. v. 8, n. 1, p. 65-71, 2004.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; MENDES, A. M. **Resistência à penetração do solo sob pastagens degradadas na Amazônia ocidental, submetidos a diferentes métodos de físicos e químicos de preparo e a introdução de teca (*Tectona grandis*).** In: Congresso Brasileiro d Sistemas Agroflorestais, 4, 2002, Ilhéus, BA. Resumos, 2002.

TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. **Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo.** R. Bras. Ci. Solo, 15:105-111, 1991.

UHL, C.; NEPSTAD, D.; BUCSHBACHER, R; CLARK, K.; KAUFFMAN, B.SUBLER, S. **Disturbance and regeneration in Amazonia: lessons for sustainable land-use.** The ecologist, v. 19, n. 6, p. 235-240, nov, 1989.

VALENTE, M. A.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; SILVA FILHO, E. P.; RODRIGUES, E. R.; SANTOS, P. L. **Caracterização e Mapeamento dos solos do Campo Experimental de Porto Velho, CPAF-RO**. Seminário da ARN – CPATU, Embrapa/Belém, Pará – Junho de 1997.

VAN LIER, Q. J. **Índices da disponibilidade de água para as plantas**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 95-106.

VEIGA, M.; BASSIL, L.; ROSSO, A. **Degradação do solo e da água: Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**. 2.ed. Florianópolis, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1994. 384p.

VIEIRA, I. C. G.; NEPSTAD, D. C.; BRIENZA JUNIOR, S.; PEREIRA, C. **A importância de áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazônia**. Em: Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia. Vol. 2. INPA, Manaus. Pp. 43-53. 1993.

VIEIRA, I. C. G.; SALOMÃO R.; ROSA N.; NEPSTAD, D. C.; ROMA, J. **O renascimento da floresta no rastro da agricultura**. *Ciência Hoje* 119: 38-44. 1996.

VILAÇA, J. G.; NOGUEIRA, A. M. B.; SILVEIRA, I. M.; CARVALHO, M. F.; CUNHA, E. M. S. **Geologia Ambiental na área Costeira de Búzios a Barra de Maxaranguape/RN**. XII Simp. Geol. NE. In: Boletim 10: 220-227. 1985.

VZZOTTO, V. R.; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. **Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades Físicas do solo de várzea**. *Ciência Rural*, v. 30, n. 6, p. 965-969, 2000.

WANDELLI, E.; PERIN, R.; SOUZA, S. G.; MATOS, J. C. S.; SOUZA, J. N.; FERNANDES, E. C. M. **Sistemas agroflorestais: Uma alternativa para recuperação das áreas de pastagens degradadas na Amazônia Ocidental**. Anais do III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas-SINRAD. 18-24 maio. Ouro Preto, MG. p. 487-493, 1997.

WARREN, S. D.; NEVILL, M. B.; BLACKBURN, W. H.; GARZA, N. E. **Soil response to trampling under intensive rotation grazing.** Soil Sci. Soc. Am. J. v. 50, p. 1336-1341, 1986.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D. (Ed.) Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980.

WHITE, R. E. **The influence of macropores in the transport of dissolved and suspended matter through soil.** Advances in Soil Science, p. 95-120, 1985.

WILLAT, S. T.; PULLAR, D. D. **Changes in soil physical properties under grazed pastures.** Australian Journal of Soil Research, vol. 22, str. 343-348. 1984.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management.** 2nd ed. Nairobi: CAB Internacional, 1997. 320p.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J. **Possíveis causas da degradação de pastagens.** Revista Eletrônica de Veterinária REDVET, v. VI, n. 11, Nov. 2005. Capturado em 18 dez. 2008. Disponível na Internet: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111105.html>.

ZIMMER, A. H.; BARBOSA, R. A. **Manejo de pastagens para produção sustentável.** Anais do ZOOTEC - Campo Grande-MS, p.01-33, 2005.

9. APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados Físicos de Pastagem

Localização	Densidade Aparente (g/cm ³)		Porosidade Total (%)		Umidade Atual (%)	
	0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm
Ponto 1	1,0915	1,0688	56,08	55,6	33,99	31,69
Ponto 2	1,1363	1,0417	44	53,99	28,03	27,96
Ponto 3	1,1387	1,1341	54	54,02	27,94	30,09
Ponto 4	1,0738	1,0408	54,24	53,7	32,43	35,6
Ponto 5	1,1889	1,2099	51,99	49,87	26,18	25,97
Ponto 6	1,3094	1,193	47,89	49,83	35,56	42,03
Ponto 7	1,1549	1,21	52,06	53,7	26,22	25,67
Ponto 8	1,3171	1,0614	49,73	55,72	33,8	33,7
Ponto 9	1,2937	1,3054	48,14	43,4	37,93	21,58
Ponto 10	1,3194	1,3215	43,78	43,66	33,8	36,03
Ponto 11	1,3568	1,2666	48	49,85	24,12	26,05
Ponto 12	1,2861	1,3011	44,8	45,13	34,81	35,07
Ponto 13	1,3237	1,3149	45,13	42,21	35,12	36,2
Ponto 14	1,3786	1,2915	43,79	44,05	31,46	32,22
Ponto 15	1,3814	1,2943	43,4	42,1	31,55	35,77
Ponto 16	1,3535	1,3986	43,15	42,06	34,97	36,13
Ponto 17	1,3209	1,3453	43,71	45,68	31,81	35,05
Ponto 18	1,3444	1,3442	43,55	43,25	31,24	34,99

APÊNDICE B – Dados Físicos de Capoeira

Localização	Densidade Aparente (g/cm ³)		Porosidade Total (%)		Umidade Atual (%)	
	0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm	0 a 10 cm	11 a 20 cm
Ponto 1	1,224	1,1433	51,29	52,96	37,17	38,89
Ponto 2	0,9991	1,0855	59,77	53,76	39,59	43,78
Ponto 3	1,1555	1,0987	52,35	56,17	38,15	38,19
Ponto 4	1,0204	0,927	57,43	58,55	45,37	40,19
Ponto 5	1,0714	1,0399	54,45	55,58	42,99	41,53
Ponto 6	1,0498	0,9813	55,15	57,83	35,2	33,67
Ponto 7	1,0792	1,0217	54	55,98	42,29	42,19
Ponto 8	1,05	1,0134	55,85	49,07	39,47	39,2
Ponto 9	1,1147	1,1016	53,9	49,61	38,05	39,03
Ponto 10	1,0859	1,1249	55,92	51,32	42,12	40,31
Ponto 11	1,1689	1,1217	53,63	51,52	27,44	30,44
Ponto 12	1,0596	1,1289	57,44	51,14	35,32	35,9
Ponto 13	1,1728	1,1271	53,78	51,03	37,56	38,44
Ponto 14	1,1711	1,1665	53,89	53,32	38,4	36,76
Ponto 15	1,1934	1,1032	53,41	53,67	35,52	36,88
Ponto 16	1,1624	1,1778	52,75	54,11	26,54	39
Ponto 17	1,1751	1,153	53,87	53,67	37,55	40,1
Ponto 18	1,1288	1,1262	52,3	50,95	33,66	35,82

APÊNDICE C – Dados Hídricos de Pastagem

Localização	Infiltração Acumulada (cm/h)	Velocidade Básica de Infiltração (cm/h)	Condutividade Hidráulica (m/s)
Ponto 1	19,5	9	0,000318157
Ponto 2	20	12	0,000458943
Ponto 3	24	6	0,000559695
Ponto 4	26,5	6	0,000247691
Ponto 5	32	18	0,000636313
Ponto 6	22	6	0,000553012
Ponto 7	22,5	6	0,000559695
Ponto 8	26	6	0,000621884
Ponto 9	28,5	12	0,000424209
Ponto 10	19	6	0,000318157
Ponto 11	25,5	6	0,000940295
Ponto 12	23	9	0,000558833
Ponto 13	10,5	3	0,000278697
Ponto 14	6,5	3	0,000131478
Ponto 15	4,2	1,2	7,60426E-05
Ponto 16	9	3	0,000212104
Ponto 17	11	3	0,000305962
Ponto 18	5,5	0,6	0,000105731

APÊNDICE D – Dados Hídricos de Capoeira

Localização	Infiltração Acumulada (cm/h)	Velocidade Básica de Infiltração (cm/h)	Condutividade Hidráulica (m/s)
Ponto 1	87	42	0,001835772
Ponto 2	94	54	0,002798476
Ponto 3	87,5	54	0,000611924
Ponto 4	88,5	42	0,000621884
Ponto 5	89	65	0,000381463
Ponto 6	84	62,5	0,000917886
Ponto 7	88	60	0,000634387
Ponto 8	92	48	0,000305962
Ponto 9	84	68	0,000305962
Ponto 10	82	70	0,000458943
Ponto 11	80	70	0,000917886
Ponto 12	80	68,5	0,000336872
Ponto 13	58,5	48	0,000917886
Ponto 14	30,5	18	0,000762925
Ponto 15	40,5	15	0,000762925
Ponto 16	36	15	0,000636313
Ponto 17	40	24	0,000611924
Ponto 18	36	21	0,000508617

APÊNDICE E – Espessura do Horizonte A nos perfis analisados

Localização	Pasto	Capoeira
	Espessura Horizonte A (cm)	Espessura Horizonte A (cm)
Ponto 1	4	7,8
Ponto 2	4	10,5
Ponto 3	5,3	11,1
Ponto 4	5	8,8
Ponto 5	6	11,3
Ponto 6	5,6	10,5
Ponto 7	4,5	8,5
Ponto 8	5	11,6
Ponto 9	5,9	10,5
Ponto 10	3,5	9
Ponto 11	5	10
Ponto 12	5,2	10,3
Ponto 13	2	7,5
Ponto 14	1	7
Ponto 15	4,6	6,8
Ponto 16	2	6,6
Ponto 17	2	6,3
Ponto 18	4,2	6,5

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](#)