

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

**ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DOS SOLOS EM ÁREAS DE
PASTAGENS NO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO (RO)**

Eliomar Pereira da Silva Filho

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Cottas

Tese de Doutorado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente para obtenção do Título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Rio Claro (SP)
2009

551.4a Silva Filho, Eliomar Pereira da
S586e Estudo da degradação de solos em áreas de pastagens no município de Porto Velho (RO) / Eliomar Pereira da Silva. – Rio Claro : [s.n.], 2009
159 f. : il., fots., tabs., figs., grafs., mapas

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Luiz Roberto Cottas

1. Geomorfologia. 2. Compactação de solos. 3. Velocidade de infiltração básica. 4. Proctor normal. 5. Fertilidade natural do solo. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Luiz Roberto Cottas

Prof^a. Marília Locatelli, PhD

Prof. Dr. Evaristo Castro Junior

Prof.Dr. Juécio Tavares de Mattos

Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez Rueda

Eliomar Pereira da Silva Filho

Aluno:

Rio Claro, 16 de abril de 2009.

Resultado: Aprovado

Dedicatória

À Cristina, Pedro Américo, Ramoile Augusto e Paolo Enrique pela paciência e por todo tempo não compartilhado com vocês.

À Américo José de Lima e Licério Gomes de Araújo; vocês continuam presente pelos seus ensinamentos de amor à terra e à natureza como bons agricultores que foram.

AGRADECIMENTOS

Ao nosso Deus por toda a motivação e força para superação dos problemas.

À Armanda de Araújo Lima, Felisbina de Araújo Lima e Lia Mara Lima da Silva. Vocês são ótimas e insubstituíveis nas categorias de mãe, avó e irmã; obrigado pelas orações diárias.

Ao Prof. Dr. Luiz Roberto Cottas pela sua orientação, colaboração e ajuda na reestruturação e desenvolvimento desta tese.

Ao Dr. Humberto Gonçalves dos Santos, Chefe Técnico do CNPS – Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Embrapa Solos – RJ), Editor Técnico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2006. Obrigado pela ajuda na classificação dos solos.

Aos Professores da UNESP de Rio Claro e da USP que ministraram os vários cursos realizados em Rio Claro e Porto Velho e pelas valiosas informações transmitidas.

Ao Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez Rueda na determinação da realização, acompanhamento e coordenação do curso de Doutorado do convênio UNESP/UNIR.

À memória dos professores. Waldemar Mendes e Carlos de Almeida Nóbrega (ex-orientador). O primeiro por todo um ciclo de uma antiga e calorosa convivência e aprendizagem e o segundo pelos poucos momentos de convívio em que o saber ouvir e colaborar com boas idéias foram a sua marca.

Aos alunos Giovanni Bruno Souto Marini, mestrando em Geografia pela UFRO, pela ajuda em todas as fases de campo e escritório que participou; a Jéferson Alencar, Anderson Rosa e Gislene de Laparte Neves pela colaboração em diferentes fases do trabalho; muito obrigado pela convivência alegre e participativa de vocês.

À Dr^a. Marília Locatelli, pela amizade e estímulo no desenvolvimento do trabalho.

Ao Dr. Victor Ferreira de Souza e Dr. César Augusto Domingues Teixeira, respectivamente, chefe e chefe técnico da EMBRAPA – Rondônia, por nos permitirem usar áreas do campo experimental de Porto Velho para o desenvolvimento desta tese.

À turma de campo da Embrapa/PVH, na pessoa do Chefe de Campo Iraque Moura Medeiros, e aos Srs. Jânio Flávio Teixeira, Hebson Carvalho do Nascimento, Charles Macedo Riòjas, José Adelson dos Santos, Otacílio Ferreira da Silva, Juscelino do Carmo e Kelson Henrique Araújo dos Santos, pela ajuda em diferentes fases do trabalho de campo.

Ao Sr. Esnaide Ribeiro da Silva, do Laboratório de Solos do 5° BEC, por toda a ajuda nas análises realizadas e à Marcelo Gama, Meteorologista da SEDAM, pelos dados fornecidos.

À Prof^a. Eloísa Elena Della Justina pelo apoio e estímulo na realização do trabalho; valeu de coração, “irmã”.

A todos os professores da UNIR e pesquisadores de outros órgãos que participaram do curso de Doutorado, bem como aos colegas Profs. Drs. Gerson Flores, Gilson Medeiros Silva e Flávio Batista Simão pelo convívio em diferentes fases do trabalho e do curso.

À Universidade Federal de Rondônia representada pelos alunos que a compõe, em especial aos alunos do curso de Geografia e Biologia.

E, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento do presente trabalho.

“De ponta a ponta é toda praia...muito chão e muito fremosa [...] Nela até agora não podemos saber que haja ouro nem prata...porém a terra em si é de muito bons ares [...] E em tal maneira é graciosa que querendo-a aproveitar, dar-se-á nela tudo por bem das águas que tem [...]”

Carta de Pero Vaz de Caminha ao rei de Portugal, D. Manuel.

RESUMO

O histórico das modificações do uso da terra em Rondônia, e mais especificamente no município de Porto Velho, mostra transformações de grandes áreas de florestas em pastagens com rápida degradação de seus solos. A criação extensiva de gado de corte é a principal causa da ocupação e uso das terras no Estado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação ambiental associada à compactação dos solos por pisoteio animal. Foram considerados solos em pastagens degradadas, com vinte anos de pastejo, e florestas naturais em manchas contínuas de um Latossolo Amarelo Distrófico (LAd) e um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico plíntico (PVAd). A avaliação da densidade máxima e umidade ideal, obtida pelo Ensaio de Proctor, bem como observações referentes às diferenças da densidade aparente e a umidade dos solos, em seus limites inferior e superior de água disponível, registraram valores de compactação acima de 2,5 MPa indicando um nível prejudicial ao desenvolvimento radicular de algumas espécies. A resistência mecânica à penetração nas duas classes de solos ocorreu entre 0 – 10 cm com aumento entre 11 - 20 cm de profundidade, sendo que o Latossolo mostrou-se mais compactado em ambiente de pastagem que o Argissolo. As taxas de infiltração básica nas áreas de pastagens e de florestas evidenciaram diferenças entre os ambientes e seus solos, com reduções da infiltração básica nas áreas de pastagens do Latossolo. Influências antrópicas próximas das áreas de pastagens apresentaram-se como fatores associados na distribuição dos altos índices de compactação detectados. Os resultados obtidos evidenciaram de forma satisfatória os índices mais e menos significativos de caráter físico e químico da fertilidade para as áreas de pastagens e comparativamente as de floresta, permitindo detectar as áreas mais compactadas e suas relações aos parâmetros físicos e químicos considerados no presente estudo.

Palavras chaves: Compactação do solo, velocidade básica de infiltração, Proctor normal, fertilidade natural do solo, pastagens e florestas

ABSTRACT

The history of land use changes in Rondônia, and more specifically the city of Porto Velho, shows transformations of large forest areas into pastures with rapid soils degradation. The extensive beef cattle creation is the main cause of the occupation and land use in the state. The objective of this study was to evaluate the environmental degradation associated with soil compaction by cattle trampling. It was considered soils in degraded pastures, with twenty years of grazing, and natural forest patches in a continuous Oxisol Distrophic (LAd) and a Ultisol (Red Yellow Distrophic Plinthic – PVAd). The maximum density and optimum moisture content evaluation obtained by the Proctor test and observations relating to differences in bulk density and soil moisture on its lower and upper limits of available water, recorded values of compaction above 2.5 MPa indicating a detrimental level to root development for some species. The mechanical resistance to penetration in the two soil classes occurred between 0 to 10 cm with an increase between 11 to 20 cm deep, and the Oxisol was more compressed in a pasture environment than in the Ultisol. The basic infiltration rates in pasture areas and forests showed differences between environments and soils, with reductions of basic infiltration in Oxisol pasture areas. Anthropogenic influences near pasture areas were factors associated in the distribution of high compaction indexes detected. The obtained results showed as satisfactory manner the most and least significant indexes for physical and chemical nature of fertility in pasture areas compared to forest, allowing to detect the most compressed areas and their relationship to physical and chemical parameters considered in this study.

Keywords: Soil compaction, basic infiltration rate, standard Proctor, natural soil fertility, pasture and forests.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PAG.
Figura 01	Localização das Áreas de Pesquisa	012
Figura 02	Unidades Morfoestruturais	015
Figura 03	Histórico do Desmatamento e de Queimadas em Rondônia	018
Figura 04	Perfil Esquemático dos Lateritos Imaturos de Porto Velho-RO	027
Figura 05	Solos do Campus Experimental da EMBRAPA em Porto Velho	033
Figura 06	Croqui dos Pontos de Coleta	035
Figura 07	Mapa de Superfície de Tendência do LA em Pastagem	075
Figura 08	Mapa de Superfície de Tendência do PVAp em Pastagem	078
Figura 09	Mapa de Superfície de Tendência do LA em Floresta	080
Figura 10	Mapa de Superfície de Tendência do PVAp em Floresta	080
Figura 11	Definição dos Limites de Atterberg	093

LISTA DE QUADROS

QUADRO	TÍTULO	PAG.
Quadro 01	Limites de Classes de RP para áreas de floresta e pastagem	081
Quadro 02	Limites de Atterberg dos Solos Estudados	093
Quadro 03	Classificação da Capacidade de Suporte e de Resistência à Compressão de acordo com a Umidade	093
Quadro 04	Dados Químicos de LA em Pastagem	110
Quadro 05	Dados Químicos de LA em Floresta	111
Quadro 06	Dados Químicos de PVAp em Pastagem	112
Quadro 07	Dados Químicos de PVAp em Floresta	112

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	TÍTULO	PAG.
Gráfico 01	Médias Mensais de 50 Anos de Precipitação	013
Gráfico 02	Relação da Textura entre Classe e Uso dos Solos	056
Gráfico 03	Densidade Aparente em Diferentes Ambientes e Tipos de Solos	062
Gráfico 04	Porosidade em Diferentes Ambientes e Tipos de Solos	065
Gráfico 05	Umidade em Diferentes Ambientes e Tipos de Solos	066
Gráfico 06	Umidade do Solo x Limite Inferior e Superior de Água Disponível no LA	068
Gráfico 07	Umidade do Solo x Limite Inferior e Superior de Água Disponível no PVAp	069
Gráfico 08	Balanco Hídrico pelo Método de Thornwait-Mather	070
Gráfico 09	Resistência Mecânica à Penetração em Diferentes Classes, Ambientes e Profundidades do Solo	073
Gráfico 10	Proctor Normal em Latossolo Amarelo	085
Gráfico 11	Proctor Normal em Argissolo Vermelho Amarelo Plíntico	087
Gráfico 12	D _{MAX} Obtida por Proctor x DAP em Pastagem e Floresta de LA	088
Gráfico 13	D _{MAX} Obtida por Proctor x DAP em Pastagem e Floresta de PVAp	089
Gráfico 14	Curva de Compactação (Proctor) de LA (0 a 20cm)	090
Gráfico 15	Curva de compactação (Proctor) de LA (20 a 40cm)	090
Gráfico 16	Curva de compactação (Proctor) de PVAp (0 a 20cm)	091
Gráfico 17	Curva de compactação (Proctor) de PVAp (20 - 40cm)	091
Gráfico 18	Ensaio de Infiltração em LA de Pastagem	097
Gráfico 19	Ensaio de Infiltração em LA de Floresta	098
Gráfico 20	Ensaio de Infiltração em PVAp de Pastagem	099
Gráfico 21	Ensaio de Infiltração em PVAp de Floresta	100
Gráfico 22	Relação entre Densidade Aparente e Infiltração Básica	102
Gráfico 23	Valores Médios de Infiltração	107
Gráfico 24	Relação entre Umidade Atual e Infiltração Básica	108
Gráfico 25	Relação entre Porosidade Total e Infiltração Básica	109

LISTA DE TABELAS

TABELAS	TÍTULO	PAG.
Tabela 01	Uso da Terra para o Estado de Rondônia -1995	002
Tabela 02	Formações Florestais e Suas Áreas de Ocupação no Estado	017
Tabela 03	Granulometria e Matéria Orgânica de LA em Pastagem	057
Tabela 04	Granulometria e Matéria Orgânica de LA em Floresta	058
Tabela 05	Granulometria e Matéria Orgânica de PVAp em Pastagem	059
Tabela 06	Granulometria e Matéria Orgânica de PVAp em Floresta	060
Tabela 07	Tukey Aplicado a Densidade Aparente	062
Tabela 08	Tukey Aplicado a Porosidade Total	065
Tabela 09	Tukey Aplicado a Umidade Atual	067
Tabela 10	Valores de Umidade a 1/3 e 15 atm em LA	068
Tabela 11	Valores de Umidade a 1/3 e 15 atm em PVAp	069
Tabela 12	Tukey Aplicado a RP MPa entre Uso, Classe de Solo e Profundidade	074
Tabela 13	Velocidade de Infiltração em PVAp de Pastagem	097
Tabela 14	Velocidade de Infiltração em PVAp de Floresta	097
Tabela 15	Velocidade de Infiltração em LA de Pastagem	099
Tabela 16	Velocidade de Infiltração em LA de Floresta	099
Tabela 17	Tukey Aplicado a pH. P. K. Ca e Mg. S	113
Tabela 18	Tukey Aplicado a Matéria Orgânica. Al+H. CTC. Al, V%. M%	122

LISTA DE FOTOS

FOTOS	TÍTULO	PAG.
Foto 01	Floresta Equatorial Aberta - Campus EMBRAPA-Porto Velho	019
Foto 02	Medição de Condutibilidade Hidráulica em Área de Floresta	041
Foto 03	Area de Pastagem sobre Latossolo Amarelo – EMBRAPA-Porto Velho	046
Foto 04	Area de Pastagem em Solo PVAp – EMBRAPA-Porto Velho	048
Foto 05	Area de Floresta Aberta em PVAp – EMBRAPA-Porto Velho	048
Foto 06	Gretas de Contração em Latossolo Amarelo de Pastagem	049
Foto 07	Areia Média a Fina Lavada Dispersa sobre Área de L A em Pastagem	050
Foto 08	Areia Média a Fina na Superfície do Solo com Blocos Duros de 0 a 20 cm	050
Foto 09	Latossolo Amarelo em Floresta Tropical Úmida	051
Foto 10	Carvão em PVAp na Profundidade de 0 a 20 cm	052
Foto 11	Plintita em PVAp na Profundidade de 20 a 40 cm	053
Foto 12	Cupinzeiro em Solo PVAp de Floresta	054
Foto 13	Detalhe Interno de Cupinzeiro em PVAp de Floresta	054
Foto 14	Cobertura do Piso Florestal em PVAp	055
Foto 15	Estrutura de PVAp na Profundidade de 0 a 20cm	063
Foto 16	Sombreamento e Serrapilheira sobre Solo LA em Floresta	072
Foto 17	Bebedouro em Área de Pastagem de L A	076
Foto 18	Cocho Coberto em Área de Pastagem de L A	076
Foto 19	Trajeto entre Bebedouro e Cocho em Área de Pastagem de L A	077
Foto 20	Área de Sombreamento Matinal em Pasto PVAp	078
Foto 21	Área de Sombreamento Vespertino em Pasto PVAp	079
Foto 22	Bloco de Solo Sub-angular de Área de Floresta com Poros e Dutos	103
Foto 23	Trama de Raízes em Superfície de Área de Floresta	104
Foto 24	Raízes Expostas em Superfície de Florestas	104

LISTA DO APÊNDICE

APÊNDICE	TÍTULO	PAG.
APÊNDICE A	Quadro de Dados de Densidade Aparente	154
APÊNDICE B	Quadro de Dados de Porosidade Total	155
APÊNDICE C	Quadro de Dados de Resistência à Penetração	156
APÊNDICE D	Quadro de Dados de Umidade Atual	157
APÊNDICE E	Índices Químicos para Fertilidade dos Solos - EMBRAPA (RO)	158
APÊNDICE F	Dados Analíticos dos Perfis de Solos Mapeados por Valente et al. 1997.	159

LISTA DE SIGLAS

- ASAE** - American Society of Agricultural Engineers
- CPAF- RO** - Centro de Pesquisa Agro-florestal de Rondônia
- CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil
- DFA** - Delegacia Federal de Agricultura
- EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INCRA** - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- Kgf** - Kilograma-força
- L A** - Latossolo Amarelo
- LL** - Limite de Liquidez
- LP** - Limite de Plasticidade
- IP** - Índice de Plasticidade
- Mg / dm³** - Miligrama por decímetro cúbico
- m mol c / dm³** - Milimol de carga por decímetro cúbico
- MO** - Matéria Orgânica
- MPa** - Mega pascal
- M%** - Saturação por Alumínio
- ONU** - Organização das Nações Unidas
- PIC** - Projeto Integrado de Colonização
- PVAp** - Podzólico Vermelho Amarelo Plíntico, ou Argissolo Vermelho Amarelo Plíntico
- PVH** - Porto Velho
- SEDAM** - Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Rondônia
- SIAD** - Sistema Integrado de Alerta de Desmatamento
- SNLCS** - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo
- UNIR** - Universidade Federal de Rondônia
- USDA** - United States Department of Agriculture
- VIB** - Velocidade de Infiltração Básica

SUMÁRIO

x

1.INTRODUÇÃO	001
1.1. JUSTIFICATIVAS.....	001
1.2 OBJETIVOS.....	011
2. A ÁREA DE ESTUDO	012
2.1. LOCALIZAÇÃO.....	012
2.2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	013
2.2.1. CLIMA.....	013
2.2.2. GEOMORFOLOGIA.....	014
2.2.3. GEOMORFOLOGIA LOCAL.....	016
2.2.4. VEGETAÇÃO.....	017
2.2.5. VEGETAÇÃO LOCAL.....	019
2.2.6. SOLOS REGIONAIS.....	020
2.2.6.1. LATOSSOLOS.....	020
2.2.6.2. ARGISSOLOS.....	021
2.2.6.3. NEOSSOLOS (RL; RY; RR; RQ)	021
2.2.6.4. CAMBISSOLOS.....	021
2.2.6.5. PLANOSSOLOS.....	022
2.2.6.6. PLINTOSSOLOS.....	022
2.3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	023
2.3.1. GEOLOGIA REGIONAL.....	023
2.3.2. GEOLOGIA LOCAL.....	025
2.4. ASPECTOS HISTÓRICOS DO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO.....	028
3. MATERIAIS E MÉTODOS	031
3.1. ATIVIDADES DE CAMPO.....	031
3.1.1. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS E DAS CLASSES DE SOLOS.....	031

3.1.2. PERÍODO E COLETA DE AMOSTRAS DE SOLOS.....	034
3.1.3. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS.....	035
3.2. MÉTODOS DE ANÁLISES FÍSICAS.....	036
3.2.1. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	036
3.2.2. AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO NO SOLO NO SOLO.....	036
3.2.3. DENSIDADE APARENTE.....	038
3.2.4. DETERMINAÇÃO DO PERCENTUAL DE UMIDADE E DO LIMITE INFERIOR E SUPERIOR DE ÁGUA DISPONÍVEL.....	038
3.2.5. DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE TOTAL.....	039
3.2.6. PROCTOR NORMAL.....	039
3.2.7. LIMITES DE ATTERBERG.....	040
3.2.8. ENSAIO DE INFILTRAÇÃO VERTICAL EM SOLOS COMPACTADOS EM ÁREAS DE PASTAGEM E DE FLORESTA.....	040
3.3. MÉTODOS DE ANÁLISES QUÍMICAS.....	041
3.3.1. pH EM ÁGUA.....	041
3.3.2. DETERMINAÇÃO DO POTÁSSIO.....	042
3.3.3. DETERMINAÇÃO DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E ALUMÍNIO.....	042
3.3.4. DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ POTENCIAL OU TOTAL.....	042
3.3.5. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA (CTC) – SATURAÇÃO DE BASES (V%) E ALUMÍNIO (M%).....	042
3.3.6. DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO).....	043
3.4. ESTATÍSTICA APLICADA.....	043
4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	045
4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	045
4.2. DEFINIÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS ANALISADOS.....	049
4.2.1. DEFINIÇÃO MORFOLÓGICA DE LA EM PASTAGEM.....	049

4.2.2. DEFINIÇÃO MORFOLOGICA DE LA EM FLORESTA.....	051
4.2.3. DEFINIÇÃO MORFOLÓGICA DE PVAp EM PASTAGEM.....	052
4.2.4. DEFINIÇÃO MORFOLÓGICA DE PVAp EM FLORESTA.....	053
4.3. ANÁLISES FÍSICAS.....	055
4.3.1. RELAÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS ANALISADOS.....	055
4.3.2. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS DE DENSIDADE APARENTE, POROSIDADE TOTAL, UMIDADE ATUAL E RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DOS SOLOS.....	061
4.3.3. ANÁLISE DE RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO (RP).....	072
4.3.3.1. SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DO SOLO.....	074
4.3.3.2. CLASSES DE RP E AMBIENTES DOS SOLOS.....	081
4.3.4. PROCTOR NORMAL.....	085
4.3.5. LIMITES DE ATTERBERG.....	092
4.3.6. AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA.....	096
4.4. ANÁLISES QUÍMICAS - AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE.....	110
5. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS ESTUDADOS COM BASE NOS RESULTADOS.....	126
5.1. SOLOS E MORFOLOGIA.....	126
5.2. SOLOS E PARÂMETROS FÍSICOS.....	129
5.3. SOLOS E FERTILIDADE.....	132
6. CONCLUSÕES.....	134
7. REFERÊNCIAS.....	137
8. APÊNDICE.....	154

1. INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVAS

A Amazônia Brasileira possui uma área de 5.033.072 Km², dos quais, aproximadamente, 3 milhões são ocupados por florestas de terra firme, cujas áreas englobam vários estados que a compõe. Rondônia é um desses estados com 238.512,8 Km², correspondendo aproximadamente a 4,5 % da área total da Amazônia legal.

Dados de Costa (1996) mostram que Rondônia no ano de 1985 possuía uma área de pastagem de 879.3 mil ha, passando em 1995 para 2,5 milhões de ha, sendo que o rebanho bovino aumentou no mesmo período de 833.893 para 4.440.967 cabeças, atingindo em 2002 cifras superiores a 7.000.000 de cabeças. De acordo com Mercoeste (2002), o Estado de Rondônia possuía um rebanho bovino de 6.584.212 cabeças, formalmente cadastradas, relativas ao levantamento feito no ano de 2001, o que representava 3,1% do rebanho nacional.

Segundo a Embrapa (2005), o rebanho, naquele ano, estaria com 10,5 milhões de cabeças sendo o décimo maior rebanho nacional, ocupando uma área de pastagens cultivadas de cerca de 5 milhões de ha, sendo que mais de 2 milhões desses ha já apresentavam algum estágio de degradação.

Observa-se que não há uma caracterização única de indicadores da degradação de pastagens devido aos diferentes estágios que esse processo apresenta. Verifica-se, no entanto, a existência e aplicações de métodos diferenciados de estudos do problema degradação das áreas de pastagens, enfatizando uma perspectiva voltada para fatores bióticos ou abióticos, de acordo com Soares et. al (2003).

A ocupação das terras por pastagens na região caracteriza-se também em uma forte tendência no histórico de ocupação e uso dos solos no Estado de Rondônia. Na criação do Projeto Integrado de Colonização de Ouro Preto do Oeste (PIC Ouro Preto), implantado pelo INCRA em 1970, observa-se, a partir dos estudos de Leite e Furlei (1983), que as áreas distribuídas de lotes com 100 ha, já evidenciavam predominantemente a ocupação destas por pastagens.

Considerando os resultados apresentados para o Município de Ouro Preto D' oeste, constata-se que 19,8% do uso das terras eram destinadas a pastagens; 10% eram relativos a cultivos permanentes, 8,8% eram áreas de capoeira em processo de revegetação, e só 5,9% foram destinados aos cultivos anuais.

O modo de ocupação, o uso e a categoria das terras, para área total de todo o Estado de Rondônia até o ano de 1995, são apresentados na tabela 1 a seguir. Pode-se observar na mesma o predomínio da ocupação das terras por pastagens em relação as demais atividades demonstradas.

Tabela - 1 Uso da Terra para o Estado de Rondônia -1995.

USO DA TERRA	ÁREA (ha.)	% EM RELAÇÃO A ÁREA TOTAL DO ESTADO
Pastagem	3.480.000.00	14,32
Inundação (Represas)	44.000.00	0,18
Exploração Mineral	18.000.00	0,07
Áreas Urbanas	51.000.00	0,21
Cultivos Anuais	495.616.00	2,04
Cultivos Semi-Perenes	74.125.00	0,30
Cultivos Perenes	181.459.80	0,75
OUTROS (Estradas, Etc.).	109.689.00	0,45

Fonte: SEDAM, 1995.

Até o ano de 1995, tinha-se 14,30% da área total do Estado sendo ocupada por pastagens, comparativamente a 2,04% ocupadas com culturas anuais. Se considerar a exploração mineral, no caso associada principalmente às áreas de exploração de cassiterita e ouro, não ultrapassaram os 0,07% dos 243.044 Km² de área do estado. Tais resultados demonstram claramente que a formação de pastagens proporcionou o maior impacto de modificações pelo uso da terra em relação às demais atividades econômicas consideradas.

Nos trabalhos pioneiros de Goodland & Irwin (1975) e Schubart (1977) para a Região Amazônica, analisando a situação ecológica nos trópicos, são ressaltados alguns problemas relativos às mudanças do uso do solo de floresta para a formação de agrossistemas. Nessa condição os autores destacam que ao se desconsiderar a ciclagem de nutrientes, promovendo sua liberação pela queima de biomassa vegetal, e conseqüente lixiviação das cinzas; a promoção rápida da compactação dos solos no pós desmate reduz a taxa de infiltração de água no solo promovendo a erosão, que em geral pode ocorrer em grandes áreas sem controle.

Salati (1978), em Salati & Ribeiro (1979), afirma que um dos problemas do desmatamento na região é a redução do tempo de permanência de água nas bacias hidrográficas, por diminuir a permeabilidade do solo, e, conseqüentemente, o seu armazenamento em reservatórios subterrâneos. Como conseqüência dessa redução, pode-se ter inundações durante os períodos de chuvas e a diminuição dos reservatórios subterrâneos que reduz a vazão dos rios nos períodos de seca. Para Dunne (1978 e 1983), a resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica é controlada pelo regime pluviométrico, topografia, vegetação e pelas propriedades hidráulicas dos solos, parâmetros estes que sofrem ação direta e indireta das modificações inapropriadas dos solos em qualquer condição de clima.

No ano de 1995, Rondônia já possuía no mínimo 14,3% de suas terras ocupadas por pastagens, não especificando, se as pastagens abandonadas estavam inclusas no total percentual considerado. Entretanto, se aceitarmos como correta as perspectivas dos produtores e técnicos ligados ao setor pecuário do Estado de Rondônia, teremos até o final do ano de 2010 aproximadamente 7.500.000.00 ha das suas terras ocupadas com pastagens, o que equivaleria a aproximadamente 28% de sua área total.

O modelo predatório de desenvolvimento faz-se sentir no Estado de uma forma direta. Os processos de ocupação e uso do solo, em que obter o lucro máximo é palavra de ordem, nos levam a uma situação tal, em que a diminuição do desmatamento ocorre mais em função das pressões internacionais do que das análises técnicas oriundas no país e que demonstram claramente em muitos casos o uso irracional dos seus recursos naturais.

Atualmente, de acordo com Fearnside (2003, 2004) a nova dinâmica que está influenciando o desmatamento na região liga-se ao mercado de exportação, impulsionado pela alta rentabilidade de atividades econômicas como a de exploração da madeira e da pecuária, incluindo mais recentemente a agroindústria associada à monocultura da soja.

A explicação do aumento do desmatamento na Região Amazônica é complexa e devem ser considerados os inúmeros fatores que atuam sobre esta questão. As próprias políticas de desenvolvimento para a região contribuíram e contribuem de forma direta e indireta para tal situação, como pode ser observado nos trabalhos de Alencar et al. (2004) e Laurence et al. (2004), onde se ressalta que a especulação das terras ao longo das estradas (BRs e vicinais), o crescimento de cidades, o aumento constante da pecuária bovina, a exploração de madeira, a agricultura familiar e mais recentemente a agricultura

mecanizada, principalmente as ligadas aos cultivos da soja, são agentes de grande peso no processo de desmatamento e de suas implicações.

A proposição de recuperar as áreas degradadas evidencia o uso de diferentes metodologias operacionais em que o uso de maquinários agrícolas e outros diferentes implementos fazem parte. Entre os problemas que se destacam na relação do uso de maquinário e o solo, temos a erosão e a lixiviação dos nutrientes que aumentam em função do manejo tradicional (aração + gradagens), promovendo a contínua degradação de sua capacidade produtiva, de acordo com Machado (2002).

Na realidade os cuidados para com o uso do solo na Região Amazônica, especialmente em Rondônia, desde o período de intensa migração direcionada pelo governo no final das décadas de 60 e 70, não foram eficientes. Em 1981, o Banco Mundial apoiou o projeto Polonoeste, com o objetivo de ordenar o uso do solo nas áreas ocupadas pela frente pioneira em Rondônia e para conter o desmatamento. As duas metas não foram alcançadas; pelo contrário, o desmatamento continuou até mais descontroladamente, sendo ainda incentivado pelas ações do programa Mahar & Ducrot (1999).

Em Schubart (1977), vemos que este descreve o desmatamento da floresta sendo realizado com bulldozers (tipo de trator), por parte dos agricultores mais capitalizados, sendo que os usos desses tratores, altamente agressivos ao solo, promoviam uma severa compactação, gerando outros impactos como a diminuição da infiltração de água para o sistema solo.

Silva Filho et al. (2002) observou aspectos da compactação dos solos por pisoteio animal em áreas de pastagens com mais de 20 anos de uso, sobre um Latossolo Amarelo de textura argilosa e outro de textura muito argilosa, no Município de Porto Velho/RO e obteve valores relativos a resistência mecânica à penetração no solo usando um penetrômetro de impacto, da ordem de 46,7 Kgf/cm², ou 4,57Mpa (mega pascal), para camada entre 1 e 10 cm e de 32,4 Kgf/cm², ou 3,17 MPa para camadas entre 11 e 20 cm de profundidade, evidenciando um alto grau de compactação nas mesmas.

Fernandes & Lanças (2001), verificando os efeitos do tráfego de um trator Forwander sobre um Latossolo Roxo, constataram um aumento de 0,02 g/cm³ na densidade e 1,07 MPa de resistência à penetração do solo. Com o cessar da passagem do trator, obteve-se como valores máximos para densidade e resistência à penetração

respectivamente de 1,34 g/cm³ e 3,19 MPa. Comparativamente, os efeitos oriundos da compactação animal, causada por bovinos, alcançam valores entre 0,25 MPa a 0,5 MPa, considerando o peso por cabeça entre 400 a 500 Kg, podendo atingir os 10 cm de profundidade, segundo Carvalho, (1976) e Chanasyk & Naeth, (1995).

O processo da compactação refere-se à compressão do solo não saturado, durante a qual existe um aumento de sua densidade em consequência da redução de seu volume. Para Grohmann & Queiroz Neto, (1966); Soane (1990) e Dias Junior & Pierce (1996), a compactação aumenta a densidade aparente do solo, uma vez que ao se compactar, ocorre a diminuição dos macros poros responsáveis pela armazenagem e percolação de água na massa do solo, ocorrendo o aumento do seu peso, da sua resistência mecânica, bem como a diminuição de sua porosidade total.

O tempo de exposição dos solos a diferentes condições de manejo provoca diferentes níveis de degradação em áreas de pastagem. Vários estudos visando o entendimento e a quantificação desses problemas, principalmente associados a questões de física dos solos, a exemplo da compactação e porosidade entre outros, podem ser observados em trabalhos como os de Topp & Zebchuk (1979); Bradford (1980); Willatt & Pullar (1983); e Imhoff et al. (2000).

De acordo com Moniz (1972), a porosidade total do solo pode atingir de 40 a 60% em relação ao seu volume, podendo chegar a valores maiores ou menores, dependendo da natureza e do arranjo de suas partículas. A compactação excessiva, segundo o autor, pode limitar a infiltração e redistribuição de água, troca de gases e desenvolvimento do sistema radicular, resultando em decréscimo da produção e aumento da erosão.

À medida que o grau de compactação dos solos aumenta, a porosidade e a taxa de infiltração de água tendem a diminuir e essas modificações podem levar a maiores perdas de solo por erosão. De acordo com Young & Voorhees (1982), a influência da compactação na erosão dos solos dá-se na maneira pela qual essa altera a sua estrutura, afetando a taxa de infiltração da água, entre outras variáveis relacionadas com o processo de erosão. A preocupação com a utilização dos solos nos estudos de compactação tem importância crucial, uma vez que os tipos de manejo empregados, no caso dos sistemas de produção agrícola, podem afetar diferentes parâmetros físicos.

Nos trabalhos de Cassel (1982) e Centurion e Demattê (1992), observamos, no caso do primeiro autor, a relação salientada por este sobre os efeitos da umidade do solo

para com os níveis de compactação obtidos; lembrando que resultados da umidade do solo devem sempre acompanhar os dados relativos à compactação dos mesmos. Para Centurion e Demattê, a ação de implementos agrícolas como os maquinários utilizados para o preparo da terra pode promover a compactação principalmente na camada mais superficial dos solos, alterando diversas propriedades físicas.

Para analisar o grau de compactação no solo e os efeitos desta sobre outras propriedades físicas, Bradford (1986) utilizou um penetrômetro eletrônico para determinar em laboratório a resistência mecânica dos solos à penetração. Nos trabalhos realizados em campo por Stolf et al. (1983a), Stolf & Faganello (1983b); Pedrotti (1996) e Silva Filho (2002) foi utilizado um Penetrômetro de Impacto modelo IAA/Planalsucar/Stolf, para determinar a compactação do solo em superfície e subsuperfície até o máximo de 70 cm de profundidade. As camadas compactadas e as análises empregadas em seus estudos associam diferentes técnicas disponíveis para avaliação dos parâmetros físicos que ajudem o entendimento da questão do suporte ideal desses solos.

Ao estudarem três latossolos, Kondo e Dias Junior (1999), aplicando técnicas associadas ao estudo da mecânica de solo em engenharia, verificaram com o ensaio de compressibilidade, os efeitos do manejo e da umidade do solo na pressão de preconsolidação dos mesmos. Os autores concluíram que a pressão de preconsolidação pode ser considerada um indicador quantitativo da sustentabilidade estrutural dos solos. Estudos sobre a pressão de preconsolidação têm sido utilizados como indicador da capacidade de carga dos solos, uma vez que a aplicação de cargas superiores a este valor pode induzir a uma compactação adicional, segundo Dias Junior & Pierse, (1995).

Os estudos da fertilidade de solos na região da Amazônia Brasileira, considerando a condição da fertilidade natural e as suas características associadas à gênese e uso, bem como dados relativos a parâmetros físicos do solo, são apresentados em nível de levantamento de reconhecimento pelos relatórios do projeto Radam Brasil. Os dados e relatórios associados ao Radam abrangem vários estados da Região Norte do país, incluindo Rondônia, em Brasil (1978), entre outros como Brasil (1975, 1976a, 1976b).

Trabalhos importantes e de grande abrangência quanto a interligações de dados voltados para o estudo da fertilidade dos solos foram os desenvolvidos por Malavolta (1987) e Demattê (1988). Esses trabalhos enfatizam problemas dos solos tropicais associados a características pedogenéticas, bioclimáticas e do manejo, permitindo uma

maior abrangência na associação, interação e interpretação dos dados no ambiente regional.

Parâmetros químicos estudados em áreas degradadas, a exemplo do fósforo, matéria orgânica, pH, e capacidade de troca Cátions, permitem a caracterização básica da fertilidade natural do solo, considerando não só os seus aspectos de gênese como os diferentes tipos de manejos envolvidos e conseqüentemente a avaliação dos níveis de degradação a eles associados, (Cravo, 1997; Silva, 1996; Demattê, 1988).

Os resultados analíticos dos solos da Região Amazônica devem ser vistos com cautela no que se refere ao seu uso e manejo, uma vez que em sua maioria, estes possuem limitações químicas associadas à parâmetros da fertilidade natural, como a elevada acidez e os baixos níveis de fósforo (P) de acordo com Sanches (1982), Brasil (1978). Apesar de sua exuberância, a floresta amazônica está desenvolvida, em grande parte, sobre solos pobres em nutrientes minerais (Moreira & Malavolta, 2002), o que torna sua manutenção dependente dos ciclos geoquímico, bioquímico e biogeoquímico.

As florestas tropicais ocorrem em ambiente de muita precipitação. No caso da Amazônia, pode-se ter variações de mais de 6000 mm/ano, nas encostas Andinas até 1600 mm na interface da Amazônia com o cerrado do Planalto Brasileiro, com uma média geral em torno de 2200 mm/ano, fazendo com que a Bacia Amazônica receba um total de água na forma líquida de $12 \times 10^{12} \text{ m}^3$ de água por ano, (Salati et al., 1978).

A lixiviação do solo neste ambiente é intensa, promovendo perda de nutrientes disponíveis. A compensação desses nutrientes dá-se pela grande quantidade de elementos químicos contidos na vegetação, a acelerada velocidade de decomposição da serapilheira promovendo a rápida reciclagem entre solo e as plantas, segundo Odum (1970) e Rodin e Bazilevich (1967). A retirada da floresta remove a capacidade da terra de segurar e reciclar os nutrientes e combater as pragas e os parasitos (Odum, 1970), fragilizando-se mais ainda com o processo de lixiviação intensa, propiciando o seu abandono com o passar do tempo, transformando-as em terras degradadas.

A taxa de ocupação humana e a degradação ambiental no Estado de Rondônia têm sido mais altas nas últimas décadas, quando comparadas àquelas de outros Estados, segundo Longo e Espíndola, (2000).

As observações de campo e as informações dos relatórios do SIAD (2005), Sistema Integrado de Alerta de Desmatamento, em associação aos trabalhos de Fearnside (2003), (2004) e Soares et al. (2003), mostraram que no mínimo 60% das áreas desmatadas do Município de Porto Velho são áreas de pastagens, e a maior parte encontra-se em proceso de degradação.

Segundo Oliveira et al. (2008), entre 2001 e 2006, a microregião, que engloba o Município de Porto Velho em Rondônia, sofreu uma expansão superior a 50 cabeças de bovinos por Km², havendo nesse período um aumento no estado de 6,6 milhões para 11,5 milhões de rezes. Concluindo, os autores afirmam que a pecuária é o motor do desmatamento em Rondônia e que há necessidade de estudos das grandes áreas já desmatadas, considerando os aspectos do uso atual dos solos, reflorestamentos, adequações aos sistemas de produção agropecuários, a recuperação de áreas sem aptidão agrícola e ambiental.

A expansão das áreas degradadas em pastagens associada ao aumento do rebanho bovino na Região Amazônica, bem como no Estado de Rondônia, tem como característica a ampliação do desmatamento pela ocupação de novas áreas de floresta para substituir as degradadas. (Fearnside, 1987 e 2004; Oliveira et al, 2008).

Segundo Sthephanes (2008) não seria preciso derrubar uma árvore na Amazônia para aumentar a produção agrícola e pecuária na região, bastaria que se utilizassem os 165 mil Km² de áreas degradadas já existentes.

Observa-se que os estudos relacionados às áreas degradadas de pastagens na Região Amazônica são necessários, importantes e abrangentes quanto aos enfoques de análises considerados, sejam estes bióticos ou abióticos voltados especificamente para o uso dos solos ou não.

No presente estudo, relacionado ao uso dos solos, considerando o aspecto da alteração das pastagens pela compactação por pisoteamento do gado, espera-se contribuir diretamente com os dados levantados e avaliados na melhoria das condições técnicas do manejo desses solos, possibilitando o reaproveitamento das áreas degradadas em pastagens de uma forma produtiva, caracterizando-se pelo uso adequado de seus solos. A partir da exploração racional desse recurso natural, deverá ser preservado dos impactos antrópicos, de forma a contribuir indiretamente na redução do desmatamento regional, evitando-se a expansão de novas áreas de pastagens

considerando o maior tempo de utilização plena e adequada das áreas degradadas existentes.

Um dos graves problemas do avanço das áreas degradadas na Região Amazônica Brasileira, associa-se ao abandono das pastagens devido ao esgotamento de seus solos por inúmeros fatores como os de ordem química de fertilidade, físicos como a erosão e a compactação, entre outros de caráter biótico.

A degradação das áreas de pastagens tem aumentado rapidamente. Segundo a Embrapa (2006), existiam aproximadamente 60 milhões de ha de áreas alteradas na Amazônia, sendo que quinze milhões encontravam-se em áreas de pastagens. Em Rondônia, a situação talvez ocorra em um processo ainda mais rápido devido à colonização dos últimos 30 anos, em que estimativas de Soares et al. (2003) apontavam para 2,5 milhões de ha de áreas em degradação no Estado.

Os estudos dos solos realizados em áreas de pastagens degradadas no Estado de Rondônia evidenciaram diferentes enfoques em função da abrangência das questões a eles relacionadas, tais como fertilidade e os fatores bióticos, (doenças e pragas), apresentados em trabalhos de Costa et al. (2006), Costa et al. (2004); os que consideram os fatores químicos e físicos aplicados à estabilidade estrutural dos solos, avaliando-se áreas de pastagens e de florestas como salientado no trabalho de Longo (1999), e os voltados para avaliação da compactação entre outros parâmetros físicos, apresentados em Silva Filho et al. (2002) e Silva Filho et al. (2006).

O presente estudo visa contribuir para a ampliação do conhecimento sobre áreas de pastagens degradadas, com 20 anos de pastejo, a partir dos efeitos da compactação promovida pelo pisoteamento do gado em seus solos.

Os solos avaliados, um Latossolo Amarelo e um Argissolo Vermelho Amarelo (plintico), fazem parte das duas classes de grande extensão territorial no Estado de Rondônia. Os Latossolos e Podzólicos (atuais Argissolos), com suas associações, ultrapassam cinquenta por cento das áreas mapeadas do Estado, segundo Rondônia (1983), sendo essas mesmas classes superiores a 70% dos solos da bacia amazônica, segundo Sanches (1982).

Espera-se que os resultados obtidos corroborem na informação de parâmetros de avaliação dos solos estudados, para fins de manejo e uso, considerando as possíveis modificações de alguns de seus atributos, em consequência não só das características intrínsecas a cada classe de solos avaliados, como pelo uso empregado sobre os mesmos.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a degradação ambiental, decorrente das modificações das características físicas e de fertilidade de solos em áreas de pastagens e de mesmo solo em ambiente de floresta natural.

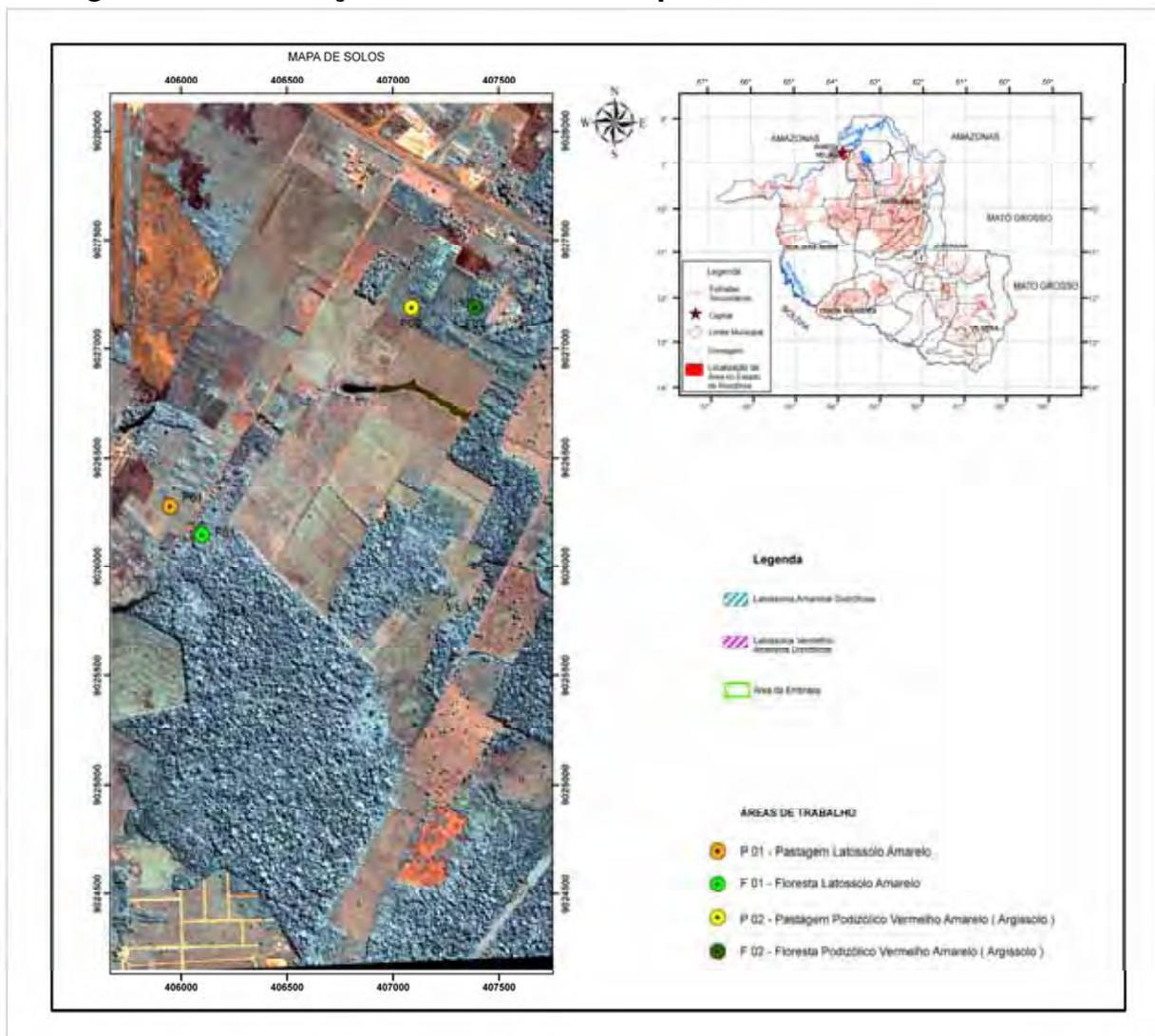
Como objetivo específico procurou-se determinar as modificações acima referidas em dois tipos de solos (Latosolo Amarelo e Argissolo Vermelho-Amarelo plíntico), comuns no Município de Porto Velho – RO e em toda Região Amazônica.

2. A ÁREA DE ESTUDO

2.1. LOCALIZAÇÃO

A área de estudo localiza-se no Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia (CPAF-RO), situado no km 6 da BR-364, sentido Porto Velho – Cuiabá, entre as coordenadas geográficas: 8° 53' 20" de latitude sul e 63° 06' 40" de longitude oeste de Grw. As áreas de coleta de amostras em pastagem e floresta para o Latossolo Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo plúntico (argissolo) encontram-se assinalados respectivamente como P01 / F01 e P02 / F02, na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Localização das Áreas de Pesquisa na EMBRAPA/Porto Velho.



Fonte: Recorte de Imagem Landsat TM 2006

2.2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

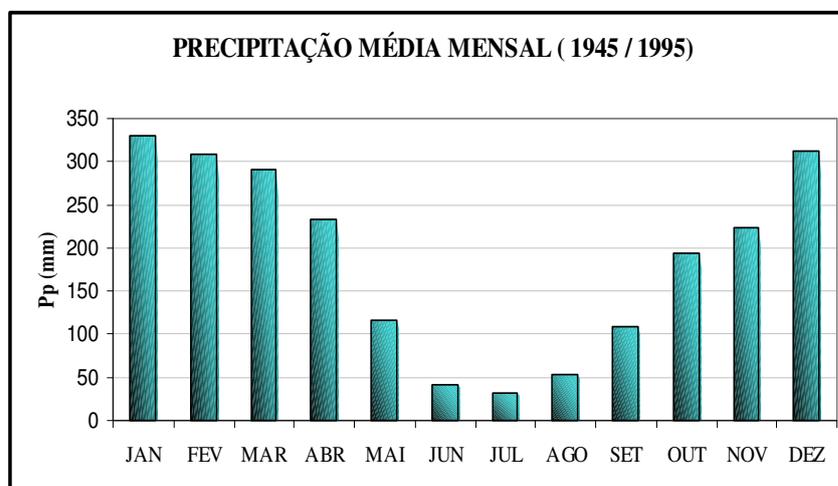
2.2.1. CLIMA

Utilizando-se uma série de 50 anos de dados de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar, no período de 1945 a 1995, Gama (2005) afirma que a classificação climática dessa região de acordo com a metodologia de Köppen é do tipo Aw, Tropical Chuvoso, com uma estação relativamente seca durante o ano, com temperaturas médias anuais de 25,5°C, máxima de 31,5 °C e mínima de 20,7 °C. Bastos e Diniz (1982) com base em Köppen, afirmam que o Estado de Rondônia fica submetido ao grupo de clima tropical chuvoso, apresentando os tipos Am e Aw, sendo este último associado ao norte do Estado, englobando o Município de Porto Velho.

A região do Município de Porto Velho, segundo Gama (2005), sofre influência da massa de ar polar atlântica (massa de ar fria e úmida), que tem origem no Oceano Atlântico e chega ao Brasil pelo sul do País, atingindo Rondônia pelo sul do Estado, chegando em Porto Velho com pouca intensidade, mas causando um abaixamento de temperatura média mensal entre 18° e 19°C, nos meses de Julho a Agosto, de acordo com Bastos (1982). Tal fenômeno é conhecido como “friagem”.

O Gráfico 1, com base em Gama (2005), demonstra as variações médias mensais do período analisado, onde se observa a redução da precipitação entre os meses de maio a outubro com valores inferiores a 200 mm de chuvas mensais. Posteriormente há o aumento gradativo das chuvas até atingir médias superiores a 300 mm/mês entre dezembro a fevereiro.

Gráfico 1 - Médias Mensais de 50 anos de Precipitação



Fonte: Gama da Silva (2005).

A importância dos indicadores pluviométricos é indispensável para as questões relativas ao uso do solo na região, podendo indicar excesso ou déficit hídrico em períodos determinados, contribuindo para diversas aplicações no manejo dos solos.

Essa distribuição não se dá de maneira uniforme, havendo durante o ano período mais seco na região, geralmente entre os meses de maio a setembro, como pode ser confirmado pela distribuição média das chuvas para um período de 50 anos demonstrado no Gráfico 1.

2.2.2. GEOMORFOLOGIA

Poucos trabalhos de Geomorfologia abrangeram a área onde se desenvolveu a presente pesquisa. Em BRASIL (1978), tem-se uma classificação em 2 fases associadas ao desenvolvimento das pesquisas Geomorfológicas realizadas nas áreas da folha SC 20-Porto Velho. A primeira denominada de reconhecimento e exploração deu-se antes da década de 30, com destaque entre outros trabalhos o de Pinkas (1887), que descreveu o alto curso do Rio Madeira, e Evans (1906) que se refere às rocha (granitos) geradoras das corredeiras nos Rios Madeira, Beni e Mamoré.

A segunda fase, de acordo com BRASIL (1978), inicia-se com o trabalho de Pinto (1930) que elaborou uma pesquisa sobre a hidrografia da Amazônia e pela primeira vez dividiu o Rio Madeira em seções definidas em: Alto Madeira; Região das Cachoeiras e Baixo Madeira. Guimarães (1944) propôs uma divisão de relevo para todo o então Território do Guaporé, que consistia em quatro grandes regiões definidas como da Planície Amazônica, Encosta Setentrional do Planalto Brasileiro, Chapada dos Parecís e Vale do Guaporé.

Estudos voltados para os processos erosionais, associados às observações dos níveis de base locais foram destacados em trabalho de Guerra (1953), que discorreu sobre as áreas de cachoeira do rio Madeira, além dos trabalhos de Lobato et al. (1967) e Souza, et al (1975). Observações relativas às morfologias das áreas de drenagem do Rio Madeira e seus afluentes são apresentados por Cruz (1974). Trabalho mais recente envolvendo informações da Geologia e Geomorfologia local, com uso de técnicas mais precisas como Imagens de Sensores e Radar em diferentes escalas, foi apresentado por Souza Filho et al. (1999), que estudou a morfodinâmica do sistema fluvial Guaporé – Mamoré - Alto Madeira, salientando que a morfogênese cenozóica é controlada por

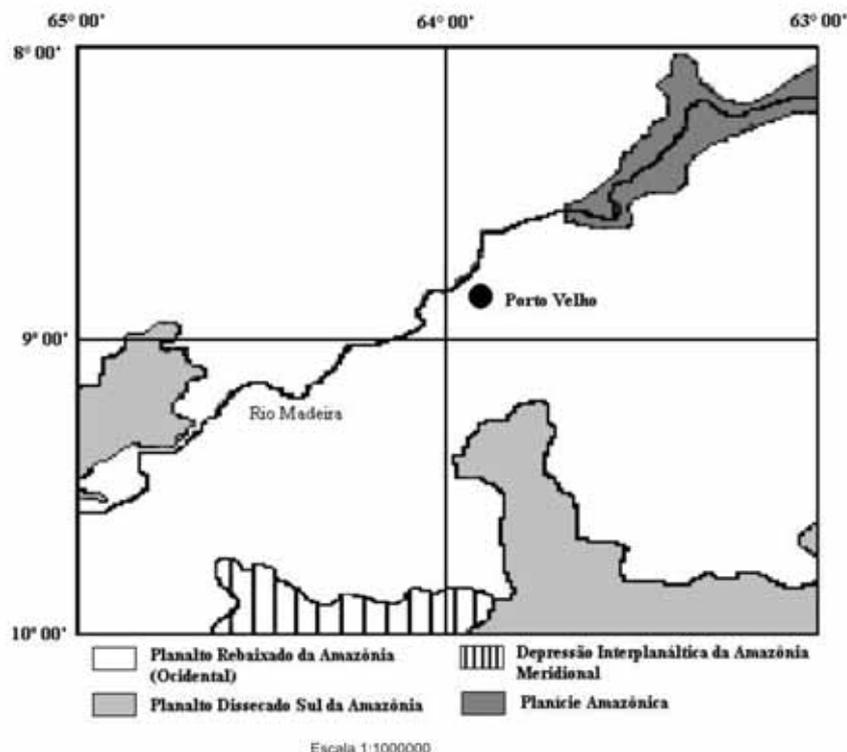
fatores litológicos, climáticos e principalmente tectônicos, sendo esses os principais responsáveis pelo desenvolvimento da paisagem atual.

O Rio Madeira é o coletor regional e não apresenta uma faixa de planícies fluviais acompanhando seu leito de forma contínua. Essas planícies ocorrem descontinuamente em suas margens. É mais imponente o sistema de terraços, em especial aquele localizado no setor noroeste do Estado, junto à confluência do Rio Abunã, e um segundo localizado ao norte do Estado, contornando o interflúvio com afluentes da Bacia do Rio Purus.

A diversificação das cotas altimétricas, com porção de menor cota situada à parte norte da Folha SC 20 - Porto Velho foi evidenciado na Figura 2, sendo que esta parte, caracteriza o Planalto Rebaixado da Amazônia (ocidental), que engloba toda a área da pesquisa. Essa unidade morfoestrutural recobre 30,5% da área mapeada, cerca de 81.968Km², caracterizando-se por apresentar extensas áreas aplainadas e relevos dissecados em interflúvios tabulares, com altimetria entre 200 a 250m, de acordo com Brasil, 1978.

Os relevos mais movimentados ocupam a parte meridional, e se estendem de forma descontínua do Oeste para Leste. Esta diversificação espacial das cotas altimétricas em diferentes porções do espaço considerado permite a identificação de várias unidades morfoestruturais, sendo aqui representadas as mais próximas da Cidade de Porto Velho - RO.

Figura 2 - Unidades Morfoestruturais.



Fonte: Modificado de Brasil (1978).

2.2.3. GEOMORFOLOGIA LOCAL

As áreas de estudo, abrangendo pastagens e florestas localizadas no campo experimental da EMBRAPA/RO, estão situadas em uma unidade denudacional, caracterizada como superfície de aplainamento com altitude inferior a 300m, com dissecação média e nenhuma ou esporádica presença de iselbergs. Essas superfícies se desenvolvem sobre rocha do embasamento cristalino pré-cambriano e encontram-se cobertas parcialmente pelas denominadas coberturas sedimentares indiferenciadas, incluindo o manto de intemperismo químico, depósitos aluviais e coluviais e linha de pedras, de acordo com Kux, et al. (1979) e Melo, et al (1978).

Seu posicionamento topográfico fica a alguns metros acima de áreas de alagamento, o que pode indicar uma antiga área de inundação. As áreas de alagação por sua vez recebem sedimentos que, de acordo com Lima e Silva et al. (1999) e Guerra et al. (1996), variam de tamanho, forma e composição, sendo resultante de material pré-existente (rocha), tendo sido transportados e depositados em diferentes locais, podendo ser de categorias lacustre, eólica, glacial ou fluvial.

As áreas predominantemente planas que compõem o sítio urbano da Cidade de Porto Velho, inclusive as áreas da EMBRAPA e o seu entorno, auxiliaram no processo de sua ocupação antes mesmo da colonização atual, ocorrido predominante nas décadas de 60 a 80. Até fins da década de 80, podíamos encontrar mancha de solo denominado de Antropogênicos, conhecidos na região como Terra Preta de Índio ou Terra Preta Arqueológica, em vários lugares próximos a calha do Rio Madeira e outros pontos que abrangem o atual sítio urbano de Porto Velho, como nas proximidades da sede atual da EMBRAPA, próximo a uma antiga área de exploração de cascalho. A Terra Preta Índio pode ser identificada por sua cor escura, resultado da concentração de substâncias orgânicas depositadas no solo que apresentam altos teores de cálcio, carbono, magnésio, manganês, fósforo e zinco, elementos que tornam a terra fértil, associados a fragmentos de cerâmica e artefatos indígenas incorporados a matriz dos horizontes superficiais. Para Kern & Costa (1997), as datações existentes da Terra Preta Índio abrangem um período relativo de 500 a 2500 BP.

2.2.4.. VEGETAÇÃO

Os diferentes substratos e a grande diversificação nos regimes de chuvas promovem inúmeras fisionomias na floresta amazônica. A expressão floresta amazônica

designa coletivamente vários tipos de floresta úmida, onde devem ser considerados os tipos, mata de várzea; mata de aluviões fluviais, ao longo dos grandes rios; mata de terra firme, fora da influência dos rios, sendo esta a grande e importante floresta pluvial hileiana; Igapó, que são trechos de mata onde a água é estagnada permanentemente; e caatingas do Rio Negro, tipo de esclerofilo próprio das areias lavadas e pobres daquele Rio, pequenas savanas esparsas, segundo Rizzini, (1997).

Em Brasil – Vegetação - (1978), tem-se que a subárea dos baixos platôs da Amazônia que perfazem uma área de 12. 475.56Km², onde há predomínio de florestas ombrófilas abertas desenvolvidas sobre os sedimentos do terciário dispostos entre interflúvios tabulares desenvolvem espécies como o jatobá, copaíba, matamatá – branco, uxirana entre outras existentes na região. Essas espécies se associam e se desenvolvem predominantemente sobre solos latossólicos, principalmente o Latossolo Amarelo, e também junto aos solos Podzólicos Vermelho Amarelo (Argissolos).

Nas áreas de sub-bosque encontra-se o cacau do mato, (*Theobroma spp*), e em ambientes de interflúvios dissecados encontram-se mais significativamente as seguintes espécies: patuá, angelim, maçaranduba, tauarí entre outras espécies que vão compor a fisionomia circundante de maior significado econômico e fármaco na região. Os diferentes tipos de formações florestais de todo o Estado de Rondônia e as suas respectivas áreas são apresentados de forma sintética na Tabela 2.

Tabela 2 – Formações Florestais e suas Áreas de Ocupação no Estado de Rondônia

Formação Vegetal	Área Km²
Floresta Ombrófila Aberta	127.620,4
Floresta Ombrófila Densa	9.348,4
Savana (Cerrado)	13.115,2
Floresta Estacional Semidecidual	5.024,2
Contato (Zona de Transição)	19.809,2
Formação Pioneira sob Influência Fluvial	8.743,0
Formação Aluvial de Pequeno Porte (Umirizal)	571,1
Campinarana/Campina de Areia Branca	40,8
Outros Usos	53.173,7
Total	237.446,1

Fonte: Tecnosolo, 1998.

O processo de ocupação das terras no Estado de Rondônia esteve associado ao INCRA, Instituto Nacional de Reforma Agrária, que viabilizou a distribuição dos lotes para os migrantes que aqui chegaram nas décadas de 70 e 80.

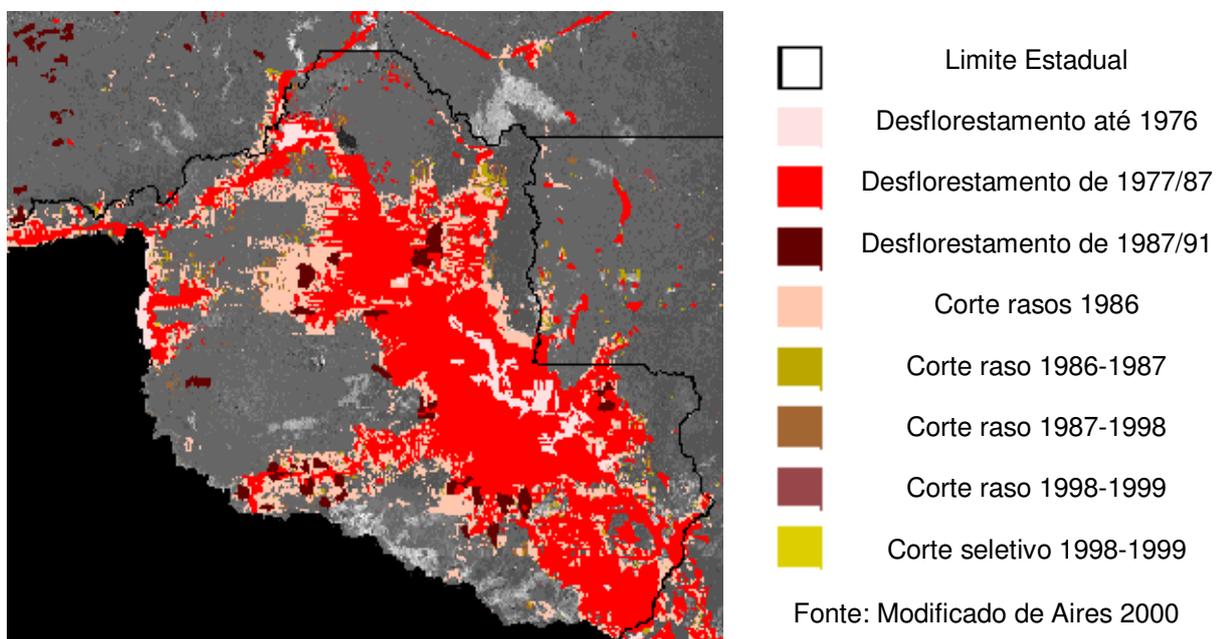
Nesse período, para se obter os títulos definitivos das terras, havia a necessidade da comprovação de benfeitorias nas mesmas. O INCRA considerava o desmatamento dos lotes, em até 50% de suas áreas de 100 ou 50 ha, como benfeitorias realizadas. Em Salati (1987, p. 202), tem-se a confirmação dessa política pública quando lê-se que:

O principal fator de destruição, na Amazônia, por incrível que pareça, não está ligado a nenhuma finalidade econômica imediata, mas a um problema legal: a posse da terra. De acordo com nossa legislação, o INCRA, e outras entidades governamentais envolvidas nos problemas fundiários na região só asseguram a posse da terra a pessoas (físicas ou jurídicas) que demonstrem ter realizado benfeitorias na área requerida, visando sua exploração, e aceitam o desmatamento como uma benfeitoria. Então, desmata-se basicamente para assegurar o título de propriedade - na maioria das vezes, sem nenhum projeto prévio, coerente, de exploração racional da área desmatada.

Essas medidas entre outras, associadas a políticas de desenvolvimento da região levaram o Estado a ter hoje 28% de sua área total desmatada, tendo 110 mil propriedades rurais das quais 80% com energia elétrica e 12 milhões de cabeças de gado, segundo a Secretária do Desenvolvimento Ambiental, em Amazônia www.amazonianet.org.br.

A Figura 3 mostra o histórico do desmatamento no Estado de Rondônia nas décadas de 70, 80 e 90, enfatizando o eixo da Br 364 entre Vilhena e Porto Velho e as áreas centrais do estado com os grandes eixos de desmatamento, segundo Aires (2003).

Figura 3 – Histórico do Desmatamento e Queimada em Rondônia.



2.2.5. VEGETAÇÃO LOCAL

Estudos sobre a vegetação da área da EMBRAPA-RO foto 1, confirma que esta pertence à região fitogeográfica da Floresta Equatorial Amazônica, que, na Amazônia Brasileira, abrange os Estados do Pará, Amazonas, Acre, Amapá, Roraima na parte sul, noroeste do Maranhão e o norte do Estado de Mato Grosso, segundo Brasil – Vegetação (1978).

Foto 1- Floresta Equatorial Aberta - Campo EMBRAPA-Porto Velho



A formação florística na área de estudo, associa-se a mancha dos Latossolos Vermelho Amarelo Concrecionário e em estreita faixa do Latossolo Amarelo que faz limite com o primeiro. É tipicamente uma floresta aberta, com árvores de porte médio e com grande variação de espécies botânicas, com destaque para: Seringueira (*Hévea sp*), Itauba Amarela (*Mezilaurus itauba*), Tachi (*Tachygalia paniculata*), Faveira (diversas leguminosas), Breu Branco (*Protium heptaphyllum*), Breu Preto (*Protium spec*), Castanha do Pará (*Bertholletia excelsa H.B.K.*), Cedro Vermelho (*Cedrela spp*), Cobaíba (*Copaifera guyanensis*), entre outras.

Na área de sub-bosque há um predomínio de palmeiras em diferentes estágios de crescimento, com destaque para o Açaí sem Touceira, (*Euterpe precatoria*), encontra-se poucos hoje na área, o Tucumã (*Astrocarium sp*) e o Caranaí (*Lepidocarium tenue*), que se associa a condição de má drenagem, associada possivelmente ao aumento da argila em subsuperfície, horizonte B textural, em geral encontrado na mancha de Podzólico Vermelho Amarelo (Argissolo).

Para Sioli (1984), as principais características que podem ser consideradas unificadoras para as florestas na Amazônia, foram definidas como sendo:

a) Pobreza de nutrientes do seu solo; b) Existência de um sistema fechado de ciclagem de nutrientes a partir da sua biomassa; c) Grande diversidade de sua biota; d) Reciclagem das suas águas pluviais.

Essas características evidenciam que a floresta tropical seja um exemplo de um ecossistema automantido em estado de equilíbrio ténue, ou seja, ela possui um sistema de conservação na qual a ciclagem de nutrientes associada ao aproveitamento de sua serrapilheira gera condições de reabsorção desses nutrientes necessários a sua sobrevivência, conforme amplas observações de Golley et al. (1978).

2.2.6. SOLOS REGIONAIS

No Município de Porto Velho encontra-se inúmeras classes de associações de solos; as observações com dados analíticos disponíveis associam-se aos levantamentos de solos desenvolvidos no estado em diferentes escalas ao longo das últimas três décadas. Com base nessas informações existentes por associação de solos nos trabalhos, EMBRAPA (1983a), (1983b) e BRASIL (1978), tem-se que regionalmente os solos com maior área de ocupação com diversas associações são os Latossolos e os Podzólicos, (Argissolos segundo Embrapa, 2006), sendo que esses dois solos e suas subclasses segundo Sanches (1982), correspondem a cerca de 70% das áreas de toda a Bacia Amazônica.

Além do Latossolos e Argissolos, os demais solos no contexto regional seriam os Neossolos (Litólicos, Flúvicos, Regolíticos, Quartzarênicos), Cambissolos, Planossolos e Plintossolos.

2.2.6.1. LATOSSOLOS

Na região de Porto Velho predominam os Latossolos (70%) entre os quais se destaca o Latossolo Amarelo, com textura argilosa e média a baixa fertilidade natural (caráter álico) com alta saturação de alumínio (acima de 50%). Os Latossolos são evoluídos, com atuação expressiva de latolização, intensa intemperização de minerais primários, com concentração de óxidos, hidróxidos de ferro e alumínio, segundo Embrapa (2006). Cochrane (1991) salienta que os Latossolos são solos com horizonte B

latossólico, intemperizados, tendo como principais minerais caolinita e gibsitita sendo seus minerais amorfos sesquióxidos de ferro e alumínio. Em razão da forte lixiviação sua capacidade de troca catiônica é baixa, assim como a quantidade de cálcio, magnésio, potássio e sódio adsorvidos são classificados em 1ª ordem / classe Latossolos.

2.2.6.2. ARGISSOLOS (PODZÓLICOS)

A denominação “podzólico” utilizada na classificação brasileira não é equivalente ao termo “podzol” clássico dos solos das zonas temperadas. Na classificação brasileira o termo descreve solos com horizonte “B textural”, isto é, com presença de acumulação de argila neste horizonte. Na atual classificação de solos do Brasil, EMBRAPA (2006), é denominado de Argissolo 1ª ordem / classe, caracterizando-se pelo horizonte B textural, em vinculação com atributos que evidenciam a baixa ou alta atividade da fração argila conjugada com saturação por bases baixas, ou caráter alítico, com evolução avançada e atuação incompleta de processo de ferratização.

2.2.6.3. NEOSSOLOS (LITÓLICO-RL, FLÚVICO-RY, REGOLÍTICO-RR E QUARTZARÊNICO-RQ)

Para Embrapa (2006), esse grupo de solos é pouco evoluído, não apresenta horizonte diagnóstico, estando estes em via de formação. Os Litólicos possuem horizonte A ou hístico, assentes diretamente sobre a rocha; os Flúvicos são derivados de sedimentos aluviais que apresentam caráter flúvico; os Regolíticos possuem contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm, e horizonte A sobrejacente ao horizonte C ou Cr; os quartzarênicos são essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários.

2.2.6.4. CAMBISSOLOS

Cambissolos se caracterizam pela presença de horizonte incipiente com pedogênese pouco avançada, evidenciada pela estrutura do solo, com teores uniformes de argila, podendo ocorrer incremento de argila do A para o Bi, segundo Embrapa (2006); são solos álicos, de textura média ou argilosa com atividade de argila baixa. Cujas consistências a seco é dura e friável, e, quando, úmida, é plástica; são solos pouco a moderadamente profundos e ocorrem nas encostas das colinas. Desenvolveram-se a partir de rocha ácidas possuindo, em geral, baixa fertilidade e reação ácida. Em função do seu relevo e de suas características físicas são muito suscetíveis à erosão se desprovidos da sua cobertura vegetal. A drenagem varia de moderadamente a bem drenado.

2.2.6.5. PLANOSSOLOS

De acordo com Embrapa (2006), Planossolos são solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de acentuada diferença textural de A para B, imediatamente subjacente, adensado, geralmente com alta concentração de argila. Nessa classe estão incorporados os Hidromórficos Cinzentos, Solonetz - Solodizado, que apresentam mudança textural abrupta; são solos ocorrentes em regiões com excesso de água, sazonal ou permanente; que possuem drenagem precária com déficit acentuado de oxigênio, o qual, normalmente, restringe o crescimento vegetal e apresentam excesso de hidróxido de ferro, conseqüência do estado de quase permanente redução, que dificultam o crescimento de espécies tolerantes à inundação.

Em Rondônia, muitos desses solos se desenvolveram a partir de depósitos aluviais ao longo dos rios, ocorrendo também na região pantanosa do Estado. Planossolos apresentam-se com baixa fertilidade, pH baixo e altos níveis de saturação de alumínio.

2.2.6.6. PLINTOSSOLOS

Plintossolos são solos com expressiva plintização com ou sem formação de petroplintita, segregação localizada de ferro atuante como agente de cimentação, com capacidade de cimentação acentuada. Formados sob condições de restrição à percolação de água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade; são imperfeitamente ou mal drenados e apresentam predominantemente horizonte B textural sobre ou coincidente com o horizonte plíntico, ocorrendo também solos com horizontes B incipiente, B latossólico, horizonte glei e solos sem horizonte B, pois são solos fortemente ácidos, com saturação por bases baixa e atividade da fração argila baixa, segundo Embrapa (2006).

Para Vieira e Santos (1987), os Plintossolos da Amazônia são solos intensamente intemperizados, sendo originários predominantemente a partir de sedimentos do Quaternário e do Terciário/Quaternário e podem ser encontrados sobre florestas, savanas ou campos, em relevo normalmente plano.

2.3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

2.3.1. GEOLOGIA REGIONAL

A área dos estudos se localiza no Estado de Rondônia, região que faz parte do Cráton Amazônico, juntamente com porção dos Estados do Mato Grosso e Amazonas e território boliviano. Esse cráton forma a base da parte norte da América do Sul e cobre uma área de cerca de 430.000 km², que compreende unidades litológicas e sistemas estruturais envolvidos em uma história geodinâmica relativamente estável desde 1.0 Ga e divide-se em dois escudos de idade pré-cambriana: o Guaporé e o da Guiana, que são separados pelas bacias paleozóicas Amazônica e do Solimões, BRASIL (1978).

Isotta et al. (1978), estudando as rocha do chamado “embasamento regional”, concluem ser inapropriado o uso do termo “Complexo Xingu” para designar a associação de rocha antigas que constituem o arcabouço regional e propõem a denominação de Complexo Jamari, compatível com metamorfismo de grau médio a alto, constituída por gnaisses, migmatitos, granitos, anfibolitos e granulitos, com representação significativa ao longo do rio homônimo.

O complexo Jamari é formado por um conjunto de rocha antigas, que segundo Scandola et al. (1999) é constituído por rocha ortoderivadas de composição granítica, granodiorítica, tonalítica e diorítica. Isotta et al. (1978) salientam que são observadas pequenas exposições de rocha de paraderivação (biotita gnaisses e biotita-granada gnaisses), notadamente na região próxima ao limite entre o Domínio Ariquemes-Porto Velho e o Centro de Rondônia, associadas tectonicamente aos gnaisses tonalíticos e meta ultramáficas de fácies anfibolito.

Payolla (1994), em mapeamento da pedreira do Rema, situada na porção nordeste nas proximidades da Cidade de Porto Velho, identificou duas unidades graníticas com evidências de interação com mágnas básicos constituídas por: (a) biotita monzogranito de granulação grossa, equigranular a localmente porfirítico e sienogranito com esparsas texturas rapakivi e anti-rapakivi; (b) biotita monzogranito equigranular de granulação média.

A Suíte Intrusiva Santo Antonio possui vários corpos granitóides rapakivíticos, intrusivos no cristalino, a princípio correlacionados ao granito tipo Serra da Providência,

os quais foram individualizados, recebendo denominação própria, a exemplo do granito Santo Antônio, situado entre os Rios Madeira e das Garças, às proximidades de Porto Velho, apresentando forma irregularmente ovalada, com superfície de cerca de 45 km².

A Suite Intrusiva Teotônio tem uma área relativamente menor em relação a Suite Intrusiva Sto. Antonio e pode ser visualizada ao longo das margens e canal fluvial do Rio Madeira, apresentando uma topografia suave caracterizada por terraços fluviais. É composta por rocha granitóides e sienitóides dividida em três grupos definidos como: alcalifeldspato granito maciço de granulação grossa, por alcalifeldspato granito bandado de granulação média e por alcalifeldspato-quartzo sienito e sienogranitode granulação média a grossa, segundo Scandolara et al. (1999).

De acordo com Costa e Hauri (1997), a Região Amazônica foi afetada por importante evento extensional, no Paleozóico, o que resultou no desenvolvimento das bacias dos Rios Solimões, Amazonas, Parnaíba, Alto Xingu e Parecis.

Os processos, que culminaram na abertura do oceano Atlântico e separação dos continentes sul-americano e africano perfazem a evolução mesozóica da região, foram gerados através desses desnivelamentos de blocos com surgimento de altos e depressões, sedimentação e magmatismo (Almeida et al., 1981; 1984). Os indícios dessa reativação tectônica, relacionados à abertura do oceano Atlântico, estão presentes pela superposição de falha e fraturas de orientação WNW e NE e por magmatismo Juro-Cretáceo, seguidos por uma sedimentação com características continental fluvial e eólica.

Os movimentos neotectônicos só se desenvolveram após o período de estabilidade do Oligoceno, propiciando o desenvolvimento de estruturas diversas que afetaram as rocha Pré-cambrianas, Paleozóicas e Mesozóicas, conseqüentemente, controlando a sedimentação e influenciando o desenvolvimento dos sistemas de relevo e drenagem atuais.

Na região do Estado de Rondônia e adjacências, são caracterizadas áreas transpressivas e transtensivas, causadas por dois eventos de movimentação – o primeiro, do Mioceno-Plioceno, e o segundo, do Pleistoceno Superior-Recente, com o resgate, em determinadas áreas de linha de fraquezas, especificamente susceptíveis a reativações.

A atividade neotectônica para o período Mioceno-Plioceno desenvolveu-se sob a atuação de um campo tensional decorrente possivelmente da interação colisional entre as placas de Nazca e Sul-Americana, com imposição de um vetor compressional NE-SW.

Como conseqüências desse quadro tectônico, foram gerados abatimentos de blocos nas regiões norte/nordeste e sul/sudoeste do Estado de Rondônia, com a ocorrência de depocentros (Planície do Guaporé) e regiões peneplanizadas.

Outra nova fase de estabilidade, relativamente curta, domina o período entre o Plioceno Superior e o Médio, com o desenvolvimento de uma superfície de laterização. A retomada da atividade neotectônica no Pleistoceno recente desenrolou um modelo admitindo a atuação de um vetor compressivo NW/SE, responsável pelo estabelecimento de um binário transcorrente dextral com direção geral E-W (gerado pela rotação da plataforma Sul-Americana para oeste), lineamentos transtensivos dextrais NE-SW, falha normais de direção em torno de SW-SE e falha inversas NE-SW. É marcante, nessa última fase, o abatimento expressivo de várias regiões, tal como o Baixo Madeira, com anomalias significativas na morfologia e morfometria das redes de drenagem que constituem os sistemas deposicionais fluviais desses domínios, segundo Brasil (1978), Scandolara et al. (1990) e Quadros (2007).

2.3.2. GEOLOGIA LOCAL

O Município de Porto Velho faz parte predominantemente do Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental, onde se localiza a área de estudo e onde se desenvolveu o presente trabalho. Esse Planalto caracteriza-se, de acordo com Souza Filho et. al (1999), como uma superfície arrasada, com relevo variando de plano a suave ondulado, dissecada pela drenagem, apresentando cotas que variam de 50 a 100m, cujo desenvolvimento deu-se sobre depósitos pleistocênicos onde ocorrem as planícies de inundação e áreas de savanas, como as descritas por Gross Braun e Andrade Ramos (1959), que, segundo Absy (1993), foram desenvolvidas possivelmente em condições climáticas mais secas no Quaternário. Nos vales fluviais encaixados ao longo de lineamento estrutural, são observadas coberturas sedimentares indiferenciadas, segundo Barbosa et al. (1974).

Durante o período seco, no Pleistoceno, a Floresta Amazônica teve sua vegetação reduzida a pequenas manchas (refúgios), sendo que o restante da área, de acordo com Haffer (1969 e 1987), foi encoberta por vegetação tipo savana. Nos períodos glaciais e interglaciais, ocorreram flutuações no nível do mar, sendo que desde o período glacial Wurm, é aceito que o nível do mar tenha se elevado 80 m (transgressão de Flanders no hemisfério norte), promovendo com isso a aluviação dos vales recentes com deposição de sedimentos argilosos, de acordo com Absy e van der Hammen (1976).

A área de estudo, segundo Adamy & Romanini (1990), pertence à unidade litoestratigráfica Formação Jaciparaná, (antiga Solimões), que se desenvolveu notadamente sobre as áreas cratonizadas das Folha Porto Velho e Jaci-Paraná. Constituiu-se de um pacote sedimentar com variações de espessura, atingindo o máximo de 50m segundo observações de Souza (1984), apresentando-se discordantemente sobre as rocha do Complexo Jamari.

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). Essa 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.

Localmente as áreas na Cidade de Porto Velho e em seu entorno estão predominantemente associadas às denominadas coberturas cenozóicas de Rondônia, onde encontramos as Coberturas Sedimentares Indiferenciadas que, segundo Scandolara (1990), estão relacionadas a depósitos plio-pleistoceno associados a ambientes de leques aluviais, canais fluviais, planície de inundação e lacustre, numa interação complexa de materiais que variam de cascalho até a fração argila com laterização significativa, sendo sua espessura em geral inferior a 40 metros.

Quadros (2007) afirma que esta unidade também inclui lateritos imaturos desmantelados, e sedimentos contendo fragmentos subangulosos de laterito, elúvio-colúvios imaturos pouco espessos e compostos por areias más selecionadas, silte e argilas impregnadas com óxidos e hidróxidos de ferro.

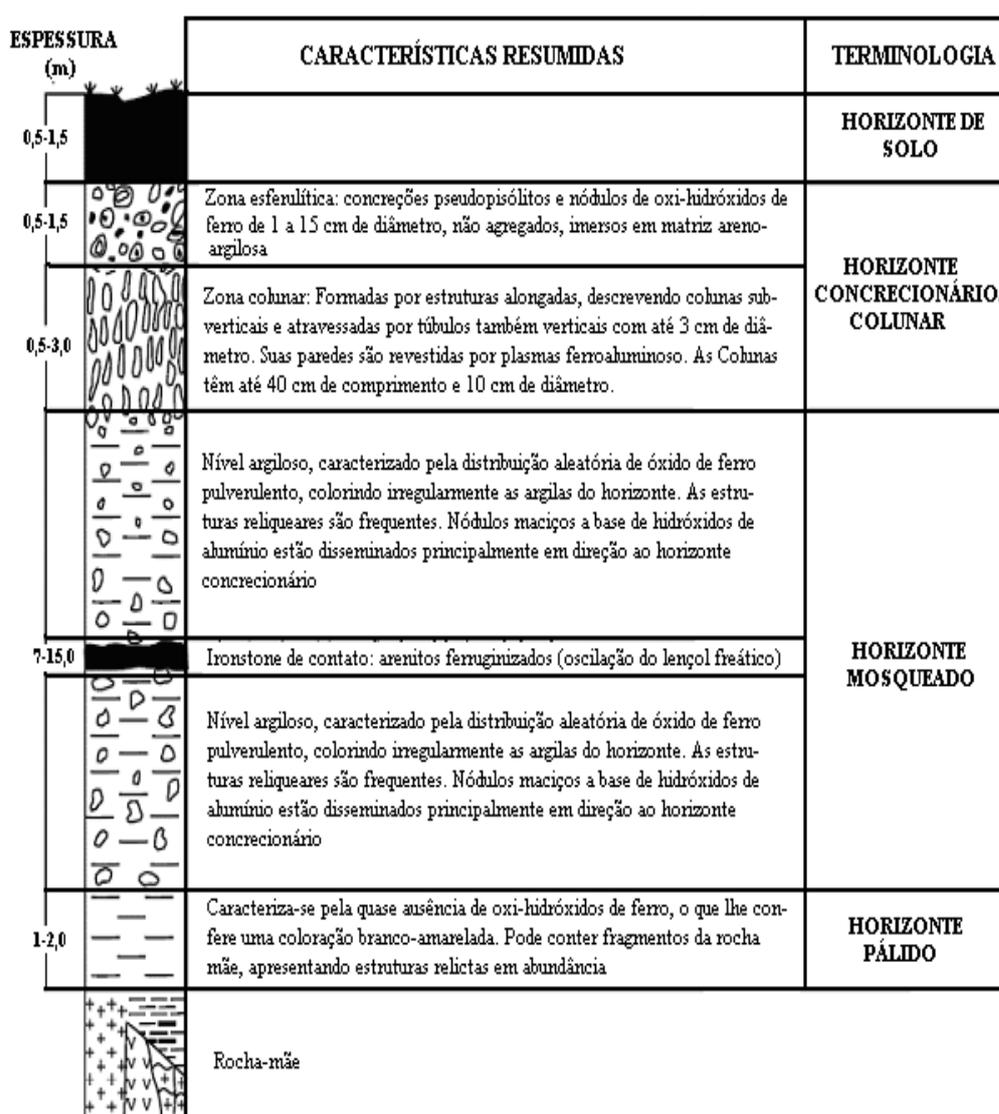
Quanto aos lateritos que são vistos em vários pontos da Cidade de Porto Velho, esses podem denominar-se, segundo Costa (1991), de laterito imaturos com horizontes mosqueados (plíntico) e ferruginosos concrecionário (petroplíntico). Esses apresentam-se ao sul da área de estudo associados a um relevo suave ondulado que é ocupado em parte pela floresta existente nas áreas limítrofes do campo experimental da Embrapa/PVH, onde suas vertentes suaves se associam a solos Latossolos Vermelho Amarelo com diferentes índices de pedregosidade, inviabilizando o uso destas áreas para a experimentação agrícola. Nas partes planas ocorre a presença do Latossolo Amarelo.

Costa (1991) caracterizou os lateritos imaturos como de baixo grau de evolução, com presença de um horizonte concrecionário ferruginoso clássico, podendo ser esses perfis de natureza autóctone ou alóctone, cuja distinção se faz com base na sucessão de horizontes e suas respectivas texturas e estruturas. Esse perfil, segundo o autor, apresenta-se com os seguintes horizontes de identificação:

1 – Horizonte ferruginoso; 2 – Horizonte argiloso: 2.1 – Zona mosqueada/amarelada, 2.2 - Zona saprolítica, 2.3 – Horizonte pálido ou transicional.

Scandolaro (1990), considerando os perfis e afloramentos concrecionários existentes na região de Porto Velho, desenvolveu um modelo, utilizando-se de um perfil esquemático representativo dos lateritos imaturos desenvolvidos *in situ*, onde se observa as principais diferenças e características de cada horizonte definido (Figura 4).

Figura 4 – Perfil Esquemático dos Lateritos Imaturos de Porto Velho / RO.



Fonte: Scandolaro (1990).

Observa-se que em áreas de pequenas encostas de relevo suave ondulado entre 3 a 8% de declividade, próximas e no sítio urbano da Cidade de Porto Velho, é comum encontrar em suas vertentes pouco erodidas parte do horizonte de solo, localizado, conforme figura 4, misturado a fragmentos concrecionários entre as camadas subjacentes, constituídos de nódulos e pequenas concreções de caráter milimétrico a centimétrico, caracterizando o processo de dismantelamento dos blocos colunares lateríticos pré-existentes em algumas dessas áreas e seu transporte gradual nas vertentes.

2.4. ASPECTOS HISTÓRICOS DO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO

O Município de Porto Velho foi criado em 02 de outubro de 1914 pela Lei nº 757 e instalado somente no dia 24 de janeiro de 1915. A cidade surgiu em função da construção da Estrada de Ferro Madeira - Mamoré e com o declínio da exploração do látex permaneceu sem grandes alterações até a criação do Território do Guaporé em 1943, passando à categoria de capital do então território.

No período da exploração do látex na região do rio Madeira, principalmente na segunda metade do século XIX, promoveu-se profundas mudanças na região; a Bolívia assim como a Província de Mato Grosso despontaram como promissores produtores do látex. A contínua produção da Bolívia e os problemas de escoamento da nossa produção, fizeram surgir a idéia, no ano de 1861, de construção de uma estrada de ferro que ultrapassasse as áreas encachoeiradas do Rio Madeira. Essa se iniciou em 1872, pela Madeira – Mamoré Railway Co. Ltd, cujo presidente coronel G. Church veio pedir um ano depois de iniciada a construção em 1873, a rescisão de contrato dadas às dificuldades encontradas para o desenvolvimento do projeto de construção da estrada de ferro, Barreiros Silva (1993).

“O pulso não pulsava mais”; ataques indígenas, malária, beribéri, disenteria, ancilostomose, pneumonia e a febre hemoglobinúrica fizeram parte dos problemas que Church tentou enfrentar e foi vencido, sendo substituído em 1879 por uma outra firma, desta vez americana, que em um ano veio a falir, construindo somente 7 Km de trilhos abandonados. Apenas, após o término da questão Acriana, em 1903, com a assinatura do Tratado de Petrópolis, é que a Ferrovia Madeira – Mamoré foi retomada e construída entre 1907 a 1913. Nesse período, 22 mil pessoas vieram trabalhar na ferrovia, gente de

diferentes países: Barbados, Bolívia, Estados Unidos, Alemanha, Dinamarca, Espanha, Grécia, Hungria, Portugal, entre outros.

Os trabalhadores vieram mediante um contrato que ao término da construção da ferrovia, quando não morriam, retornavam ao seu país de origem. Não há um número certo de quantos morreram neste período, mas antigos trabalhadores da ferrovia, descendentes de barbadianos que residem em Porto Velho e são filhos dos pioneiros, falam que entre 20 a 30% dos 22 mil trabalhadores morreram vítimas, principalmente, da malária, segundo Lena & Oliveira (1992) e Barreiros Silva (1993).

Para se ter uma idéia da importância econômica da borracha na economia nacional no início do século XX, em 1910, a participação desse produto atingiu 40%, do total de exportação, tanto quanto o café. Porém, quando se concluiu a construção da ferrovia, a produção do látex começava a declinar devido a concorrência das plantações de seringais no Oriente.

Esse período se consumiu com o tempo e acabou. Após a criação do então Território Federal de Rondônia em 1943, com a instalação de colônias agrícolas pelo governo do Território, associado à descoberta de cassiterita no Município de Porto Velho na década de 50, deu-se início a um novo ciclo de desenvolvimento local que perdurou até a década de 70, quando ocorre o “boom” da ocupação do Estado de Rondônia pelo deslocamento da fronteira agrícola, de acordo com Barreiros Silva (1993).

Entre 1940 e 1970 a população do Estado passou de 32.593 habitantes, sendo 3.189 residentes na capital, para 116.620 habitantes no Estado e 41.350 na capital Porto Velho. Entre 1970 e 1980, o Estado passou de 116,620 habitantes, para 503.125; e para 1.130.870 habitantes em 1991. Com a criação do Estado em 1981 e a instalação de um conjunto de atividades ligadas ao funcionamento de inúmeros setores de produção e do próprio governo, houve um grande fluxo de migrantes de diferentes estados para Rondônia, devido ao apoio da propaganda governamental sobre a vida no novo “ELDORADO” amazônico, Ferreira (1959) e Barreiros Silva (1993).

É importante associar essa migração para a região, ao ciclo do ouro (1970/1980) na seqüência ao da cassiterita, ocorrido entre fins da década de 50 e o final dos anos 70, com um novo “boom” nos anos 80 (1986), devido ao aparecimento do Garimpo Bom Futuro, considerado um dos maiores garimpos de cassiterita do mundo. Nesse período, ocorreu o inchaço da Cidade de Porto Velho com invasões nas áreas de periferia urbana

não apenas por grupos menos favorecidos, como também por grandes agentes da construção civil. A década de 90 passa sem grandes modificações econômicas, ocorrendo a saída do Estado do pessoal ligado a atividade garimpeira, pois o garimpo de aluvião no Rio Madeira, nessa década, entra em declínio, segundo Barreiros Silva (1993).

Espera-se nesse início de século XXI uma outra bolha de desenvolvimento local que será a construção das usinas hidrelétricas do Madeira. A expectativa é grande quanto aos novos investimentos que poderão ser realizados no Município, considerando-se o rastro de investimentos governamentais disponíveis para sua construção, cerca de 6 bilhões de reais em cada usina, S. Antônio e Girau, 12 bilhões de reais em um período de 10 anos que, segundo informações obtidas junto a Secretaria Municipal de Planejamento, promoverá a vinda de 20 a 100 mil pessoas para a Cidade de Porto Velho, em busca de trabalho e novas oportunidades, com conseqüentes modificações sociais, espaciais, ambientais.

3. METODOLOGIA

3.1. ATIVIDADES DE CAMPO

3.1.1. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS E DAS CLASSES DE SOLOS

A escolha da área de estudo recaiu sobre o Campo Experimental da EMBRAPA/CPAFRO em Porto Velho Rondônia, em função de aspectos logísticos que o Campo oferece, determinado nos seguintes pontos facilitadores:

a) Mapeamento dos solos da área do campo do CPAFRO; b) Facilidade de locomoção interna; c) Ajuda local no desenvolvimento das atividades de campo; d) Situação de pastagens diversificadas em tempo de uso da terra; e) Base Meteorológica no local; f) Áreas de floresta nativas próximas às áreas de pastagens em mancha de solo contínua; g) Proximidade do centro de Porto Velho, facilitando o acesso à área de estudo.

A escolha das classes Latossolos e Podzólicos (Argissolos, Embrapa 1999/2006) deu-se em função da representatividade de ocorrências destas e de suas associações no Estado de Rondônia serem superiores a 50% dos 243.044Km² de área mapeada no Estado. As áreas selecionadas para as avaliações da degradação dos solos em pastagens abrangeram duas classes distintas: os Latossolos Amarelos e os Argissolos Vermelho Amarelo plíntico. Será mantido no texto a classificação de Valente et al. (1997) para os solos estudados até a reclassificação dos mesmos, de acordo EMBRAPA (2006), que será discutida no capítulo 5, item 5.1.

As pastagens degradadas em áreas de Latossolo Amarelo e Argisolo Vermelho Amarelo plíntico ocupam aproximadamente 5 a 6 ha, das respectivas mancha de solos. As áreas experimentais escolhidas no interior dessas mancha levaram em conta o mapeamento de solos do campo da EMBRAPA – Porto Velho, onde os solos foram definidos com intervalos mínimos de observações, no caso, com uso de quadrículas ortogonais e observação direta nos pontos coordenados.

O mapeamento realizado por Valente et al. (1997) identifica áreas mínimas absolutas mapeáveis menores que 0,04ha ou 400m², conforme EMBRAPA/SNLCS (1979,a), a que se associaram os critérios definidos em Emater (2001), com relação à homogeneidade local para retirada das amostras, considerando-se: a topografia, a cobertura vegetal, a cor, a textura e a drenagem do solo, o afastamento possível da área

experimental escolhida de estradas, e áreas com tratamentos químicos que possam mascarar os resultados.

Considerando essas informações, definiu-se um retângulo de 20m X 30m, com 600m², com área maior que as áreas mínimas absolutas de 400m². Os retângulos foram localizados mais ao centro das áreas degradadas, obedecendo as considerações de maior homogeneidade do terreno, conforme Emater (2001).

Os solos da área de estudo, indicados na Figura 5, fazem parte campo experimental da Embrapa/PVH, com área de 325,12 ha que foram classificados e mapeados por Valente et al. (1997). Os solos analisados, um Latossolo Amarelo Álico (LA), e um Podzólico Vermelho Amarelo Álico Plíntico (PVAp), Argissolo, segundo EMBRAPA (2006), formam duas manchas de solos, que ocupam mais de 30% da área do campo experimental da EMBRAPA/PVH, sendo que as duas classes de solo Latossolo(s) e Argissolo(s) atingem mais de 70% de toda a bacia Amazônica, segundo Sanches (1982).

A distribuição geográfica desses solos e suas associações no Município de Porto Velho, com área de 34.068,50 Km² é a maior, atingindo mais de 40%, segundo EMBRAPA (1983a) e Rondônia (1995), conferindo a ambos importância quanto à sua escolha para avaliações propostas no presente trabalho, em função da representatividade por sua extensão, bem como pela diversificação de seus usos no Município e em toda a Região Amazônica.

3.1.2. PERÍODO E COLETA DE AMOSTRAS DE SOLOS

Ficou definido o período correspondente aos meses de abril e início de maio para realização dos ensaios de campo e coleta de amostras, procurando-se evitar as condições de excesso de umidade ou alto ressecamento dos solos como ocorre respectivamente nos meses de novembro a março e julho a setembro.

Foram consideradas as propostas de número de amostras de solos para análises químicas de fertilidade, definidas em Oliveira et al. (1996), como de 15 a 20 amostras simples para formação de uma composta representativa da fertilidade de áreas com até 10 ha, ou 10.000m². Foram locados 18 pontos amostrais, de forma sistemática, segundo Gerardi e Silva (1981), no interior dos 600m², onde se retirou amostras deformadas e indeformadas para as análises físicas da densidade aparente (Dap), porosidade total (Pt), umidade atual (U%), capacidade de campo (Cc) e ponto de murcha (Pm), segundo proposta modificada de Oliveira Junior et al. (1997), e amostras deformadas para análises químicas.

Foram efetuadas 18 medições com o Penetrômetro de Impacto para avaliar a Resistência à Penetração (RP) nos pontos amostrais definidos, com detalhamento de quatro (4) diferentes profundidades, definidas entre 0 e 10, 11 e 20, 21 e 30 e 31 e 40 cm. Os ensaios de velocidade de infiltração básica (VIB) foram distribuídos em três locais na área do retângulo de 600m², definidos em norte, centro e sul. As amostras para determinação das descrições morfológicas foram coletadas em uma trincheira de 1m² locada ao centro do retângulo, conforme representados na Figura 6.

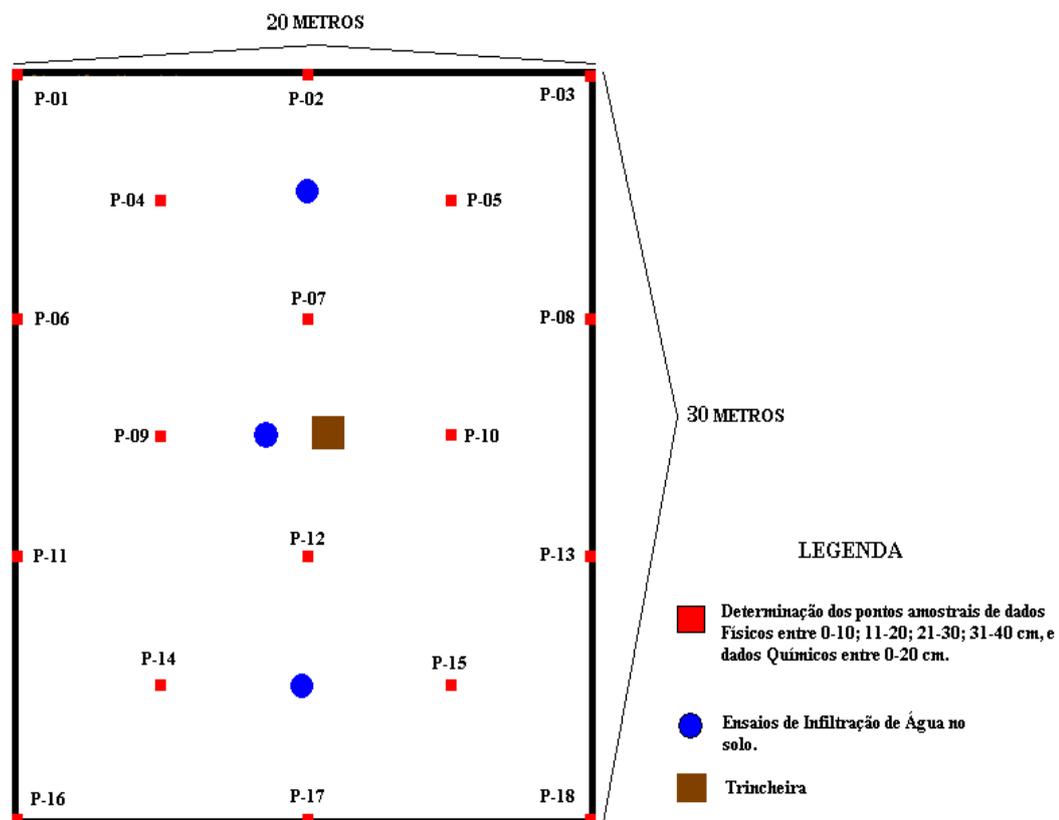
As amostras deformadas usadas para as análises de fertilidade foram coletadas entre 0 e 20 cm de profundidade, segundo proposta de Numata et al.(2002). As amostras para análise granulométrica, ensaios de Proctor Normal, Limites de Atterberg e descrição morfológicas dos solos obedeceram às profundidades entre 0 e 20 e 21 e 40 cm, circunscritos pontualmente à trincheira demarcada no centro das áreas experimentais. A escolha dessas medidas considerou a profundidade entre 0 e 40 cm, compatíveis às medições de compactação, dividindo-se a mesma em duas partes amostrais 0 a 20 cm e 21 a 40 cm, não havendo necessariamente nenhuma relação com horizonte diagnóstico do solo, que não é objeto de estudo do presente trabalho.

Os anéis para amostras indeformadas para determinação dos limites superior e inferior de água disponível, correspondente a 1/3 e 15 atm respectivamente obedeceram

as mesmas profundidades e foram retiradas na referida trincheira nas áreas de pastagens e florestas.

Nas áreas de floresta, foi definida a disposição das amostras, idêntica a da pastagem, levando-se em conta uma flexibilização do original, representada na Figura 6, devido ao posicionamento das árvores ou raízes que impediam a retirada das amostras.

Figura 6 - Pontos de Coleta de Amostras de Latossolo Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo Plíntico para Ensaios Físicos e Químicos nas Áreas Experimentais de Pastagens Degradadas e Florestas



3.1.3. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS

As amostras foram descritas conforme método de Lemos e Santos (1982), considerando a determinação do local do perfil, os horizontes-espessura, a cor, a textura, a estrutura, a porosidade, a cerosidade, a consistência, a cimentação, os nódulos e concreções minerais e as eflorescências dos horizontes. Essas determinações visam indicar as possíveis diferenças morfológicas entre os meios de pastagem e floresta e a forma como essas modificações podem atuar sobre os resultados nas análises físicas e químicas do solo.

3.2. MÉTODOS DE ANÁLISES FÍSICAS

3.2.1. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Para realização da análise granulométrica, considerando a heterogeneidade dos solos ou sedimentos envolvidos, utiliza-se de combinações de métodos que permitam a verificação dos componentes mais grosseiros, que geralmente são peneirados, aos mais finos, que são separados por um dos diversos processos baseados na lei de Stokes. A lei, de acordo com Suguio (1973, p.49), “permite calcular a resistência friccional exercida sobre uma partícula esférica em queda em meio fluido (líquido ou gás) calmo de sedimentação”, sendo obtida pela equação abaixo:

$$V = 2/9 \cdot g \cdot (d_1 - d_2) / \eta \cdot r^2 \text{ onde :}$$

V = velocidade de queda da partícula ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$);

g = aceleração da gravidade ($980 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$);

d_1 = densidade da esfera em queda ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$);

d_2 = densidade do meio líquido ou gasoso de sedimentação ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$);

η = viscosidade do líquido ou gás ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$); r = raio da esfera (cm).

O método da pipeta para análise granulométrica de dispersão total nº 1.16 e 1.16.1 da EMBRAPA/SNLCS (1979) foi utilizado neste trabalho e baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico. Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grosseiras (areias) são separadas por tamisação, secas em estufas e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100% é obtido por diferença das outras em relação à amostra original.

3.2.2. AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO NO SOLO

Foi utilizado o Penetrômetro de Impacto modelo IAA/ Planalsucar-Stolf, descrito em Stolf et al. 1983 e Stolf e Faganello (1983), e que possui as seguintes características técnicas: peso que provoca impacto de 4 Kg; cursor de queda livre: 400 mm.

Cone com ângulo sólido de 30° e área da base 0,2 pol² (12,8mm de diâmetro).

Diâmetro da haste que penetra no solo de 9,5mm.

Os valores da resistência mecânica (RP) foram obtidos pela equação desenvolvida por

Stolf (1991) : $RP = (M \cdot g \cdot h / A \cdot x) \cdot (M / (M + m) + (M + m) / a) \cdot g$, Onde:

$M = 4\text{kg}$;

$A = 1,29 \times 10^4 \text{ m}^2$;

$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$;

$m = 3,2 \text{ Kg}$;

$h = 0,4\text{m}$;

$x =$ penetração unitária ocasionada por um impacto (cm/impacto).

Tanto o diâmetro da haste quanto o do cone são os mesmos do penetrógrafo convencional, padronizado pela American Society of Agricultural Engineers, ASAE.

A escolha do Penetrômetro de Impacto recaiu sobre a não-variabilidade de resultados registrada por este ao verificar a compactação do solo. O penetrômetro, com dinamômetro de escala de 0 a 100 Kgf, é mais rápido no manuseio mas necessita da força do operador para penetrar no solo, sendo mais susceptível a erros, pois sofre efeito da diferença de aplicação da força na mudança de operadores. A mudança de operador em campo tende a refletir resultados diferentes quanto à resistência mecânica à penetração do solo quando comparados entre si; o que não ocorre com o penetrômetro de impacto, com peso e altura da queda definida. A operação em campo é mais lenta mas não ocorre variação de resultados com mudanças de operador.

3.2.3. DENSIDADE APARENTE

Foi coletada amostras de solo com estrutura indeformada através de um anel de aço (Kopeck) com volume interno de 100 cm³. O procedimento metodológico, de acordo com Miller (1966) e Kiehl (1979), consiste em determinar ou anotar o volume do anel ou cilindro que contém a amostra, pesar o conjunto e anotar o peso ou transferir a amostra para lata de alumínio numerada e de peso conhecido e pesar. Posteriormente, coloca-se o conjunto na estufa e após 24 e 48 horas retira-se e pesa-se, após o resfriamento. Calcula-se a densidade aparente da amostra pela seguinte expressão:

Densidade Aparente (g/cm³)= Peso da amostra seca à 105 °C / Volume do anel.

$$D_a = M/V = \text{g/cm}^3$$

3.2.4. DETERMINAÇÃO DO PERCENTUAL DE UMIDADE E DO LIMITE INFERIOR E SUPERIOR DE ÁGUA DISPONÍVEL

A umidade do solo foi definida pelo método 1.3 da EMBRAPA (1997). Em laboratório determina-se a umidade do solo pela equação $U_p = ((\mu - m_s)/m_s)$, em que μ = massa do solo úmido, m_s = massa do solo seco a 105°C em estufa até peso constante. U_p pode ser expresso em g de água / g de solo ou em %, $x(100)$.

Determinação do limite superior de água disponível a (1/3 atm)* e do limite inferior a (15 atm)**, foram determinadas a seguir.

* As amostras previamente saturadas de água, sobre placa de cerâmica, mediante aplicação de pressão de 1 ou 1/3 de atm, em panela de pressão conforme EMBRAPA/SNLCS, 1979. Corresponde a C_c em laboratório.

** Amostras previamente saturadas de água sobre placa de cerâmica, mediante a aplicação de 15 atm em extrator de Richards, conforme EMBRAPA/SNLCS, 1979. Corresponde a P_m em laboratório.

* C_c – Capacidade de campo.

** P_m – Ponto de murcha permanente.

3.2.5. DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE TOTAL

A porosidade total foi calculada de acordo com a expressão proposta pelo método de Kiehl (1979), a saber:

Porosidade Total= % de saturação em volume. (amostras com estrutura não deformada)

- Preparar o bloco do solo contido no cilindro e nivelar as duas superfícies.
- Transferir para uma cuba plástica, com altura superior a do cilindro e adicionar água de torneira, até que o nível desta fique bem próximo da borda do cilindro
- Deixar nessas condições até que todas as amostras apresentem a superfície brilhante.
- Pesar a amostra saturada e pesar a amostra depois de seca em estufa a 105°C , deve-se descontar a tara do anel (volumétrico), obtendo-se o volume dos poros totais (VTP) pela fórmula :

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

Considera-se que cada grama de água perdida corresponde a 1 cm³ de poros; o volume pode ser dado com base no anel de 50 cm³, segundo Kiehl (1979).

3.2.6. PROCTOR NORMAL

O Ensaio de Proctor foi realizado conforme a Norma Técnica ABNT/NBR 7182. As amostras de solo, após serem secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha 4,75 mm, foram compactadas em um cilindro metálico de 1000 cm³, que é provido de um anel sobressalente para prender o excesso de material que é disposto em três camadas, cada uma recebendo 25 golpes de um soquete de 2,50 kg, caindo de uma altura de 30,5 cm, correspondendo a uma energia de 6,02 kgf.cm.cm⁻³.

O ensaio padronizado pela American Association of State Highway Officials com o nome de "Proctor Standart" foi normatizado entre nós pela ABNT, em sua MB – 33 com o nome de Ensaio Normal de Compactação.

3.2.7. LIMITES DE ATTERBERG

Trata-se de determinar o teor de umidade de um solo referente à mudança do estado líquido para o estado plástico, utilizando-se a energia de resistência ao cisalhamento; o ensaio baseou-se em Vargas (1978). O Limite de Plasticidade representa a condição de umidade entre o estado semi-sólido e o estado plástico do solo, sendo o Limite de Liquidez compreendido entre o estado plástico e o estado líquido do mesmo. O Índice de Plasticidade (IP) é obtido pela diferença $LL - LP$, definindo a zona em que o terreno se encontra no estado plástico.

3.2.8. ENSAIO DE INFILTRAÇÃO VERTICAL EM SOLOS COMPACTADOS EM ÁREAS DE PASTAGEM E EM FLORESTA.

Foi usado o infiltrômetro de anel foto 2, conforme descrito por Reichardt, (1987), onde a velocidade de infiltração é definida pela equação:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} V_i dt$$

A integral de V_i é função do tempo e da quantidade de água acumulada que infiltrou. Foram calculados, com base em Reichardt, o valor de K_0 , que determina a Velocidade de Infiltração Básica (VIB), bem como as equações de infiltração referentes. As leituras em campo foram tomadas a cada 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 300 minutos, conforme proposta modificada de Cauduro e Dorfman (1986), determinando-se o modelo de regressão não linear para as curvas de infiltração estabelecidas, considerando proposta do Grupo de Recurso Hídricos (GRH) – UFBA, (2005), com base na equação da taxa de infiltração instantânea de Horton (1940), definida como:

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad \text{onde } k = (f_0 - f_c) / F_c, \text{ onde :}$$

t = tempo decorrido desde a saturação superficial do solo, f = capacidade de infiltração no tempo t , f_0 = capacidade de infiltração inicial, f_c = capacidade de infiltração final e F_c = área da curva da infiltração.

Foto 2 – Condutibilidade Hidráulica em Área de Floresta



3.3. MÉTODOS DE ANÁLISES QUÍMICAS

As determinações dos parâmetros químicos voltados para a avaliação da fertilidade dos solos basearam-se em metodologia definida por Embrapa (1979 e 1997). As amostras foram retiradas entre 0 e 20 cm de profundidade com base em trabalho de Numata (2002).

As análises químicas apresentadas fazem parte da rotina para identificação do complexo sortivo, ou as bases trocáveis, que são de importância para caracterização da fertilidade natural dos solos. Foram consideradas as análises de acidez do solo (pH) em água, determinação dos teores de potássio (K), de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), o alumínio trocável, e o hidrogênio (Al + H), com a determinação da capacidade de troca catiônica total (CTC ou valor T), saturação de bases (V%) saturação por alumínio (m%) e a matéria orgânica, conforme proposta modificada. (Prado, 1993).

3.3.1. pH EM ÁGUA

Considerando as amostras quarteadas e peneiradas em 2 mm, retira-se alíquota de 10ml, que é posta em bequer de 50 ml, onde adiciona-se 25 ml de água destilada, agitando-se com bastão de vidro. Passada uma hora, a amostra deve ser agitada novamente e feita a leitura do pH com o uso do eletrodo do peagômetro (Embrapa, 1997).

3.3.2 DETERMINAÇÃO DO POTÁSSIO

Extraído com H_2SO_4 0,025N - HCl 0,05 N (extrator de Mehlich), por espectrofotometria e fotometria de chama respectivamente, conforme Embrapa (1979).

3.3.3 DETERMINAÇÃO DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E ALUMÍNIO

O cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) e alumínio trocável foram extraídos com uso da solução de KCl a 1N, sendo utilizado para determinação dos valores o aparelho de absorção atômica utilizando-se do óxido de lantânio para evitar interferência de outros íons na análise, sendo o alumínio determinado por titulação, segundo Embrapa (1997).

3.3.4 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ POTENCIAL OU TOTAL

A extração foi feita com uma solução de acetato de cálcio tamponada em pH 7,0 e determinada volumetricamente com solução de NaOH em presença de fenolftaleína como indicador. Método 5.2 em Embrapa (1997).

3.3.5. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA(CTC) - SATURAÇÃO DE BASES (V%) E ALUMÍNIO (M%)

Os valores de CTC potencial ou (T), valor da soma das bases e V%, percentual de saturação de bases, foram obtidos a partir dos dados das análises químicas, de acordo com métodos definidos em Embrapa (1997) e Prado (1993).

O valor de $T = \text{CTC a pH } 7,0$ capacidade de troca de cátions em ($\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ ou $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) foi determinado pela fórmula $T = S + (\text{H}^+ + \text{Al}^{+++})$. Sendo o valor S = a soma dos cátions de cálcio, magnésio, potássio e (sódio) trocáveis segundo Embrapa (1997). O grau de saturação por bases foi obtido pela fórmula $V\% = S/T \times 100$; e a saturação por alumínio: $m\% = \text{Al}^{3+}/(S + \text{Al}^3) \times 100$, de acordo com Prado (1993) e Embrapa (1997).

3.3.6. DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO)

A determinação da matéria orgânica foi obtida conforme procedimento abaixo:

Em erlenmeyer de 500 ml com boca larga, colocar 0,5 g de T.F.S.A. (terra fina seca ao ar); juntar 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1N e com cuidado adicionar direto na suspensão 20 ml de H_2SO_4 concentrado, girar o erlenmeyer lentamente até que o solo e os reagentes fiquem misturados.

Colocar 150 ml da solução fosfórica a 5% em cada amostra, deixar 10 minutos em repouso. Colocar em cada amostra uma pitada de fluoreto de sódio (NaF) e agitar. Adicionar 5 gotas de difenilamina a 1% em todas as amostras e titular com Sulfato ferroso amoniacal 0,5 N até o ponto de viragem que é verde escuro. Fazer no mínimo 3 provas em branco. Anotar o volume de solução gasto na titulação de cada amostra.

$$\% \text{Matéria orgânica (facilmente oxidável)} = [1 - T/S] \times 10,3 \quad \text{onde:}$$

T = amostra - ml da solução de sulfato ferroso gasto

S = branco - ml da solução de sulfato ferroso gasto

OBS. 1. O resultado é expresso em % se multiplicarmos por 10 é transformado em g/Kg ou (resultado em % x 10 = result. em g / Kg).

OBS. 2. Se dividirmos o resultado g/Kg por 10, encontraremos o valor em % (percentual), se esse for dividido por 1,724 transforma-se MO em carbono (C), definido em Embrapa, (1997e1979).

3.4. ESTATÍSTICA APLICADA

Foram aplicados testes estatísticos referentes à análise descritiva, Tukey com significância ($p < 0,05$) para verificação de diferenças entre os ambientes pasto e floresta relativos a fertilidade do solo e análises físicas com uso do Programa R 2.4. e o Excel da Microsoft Office.

O Programa R 2.4 é uma linguagem de ambiente estatístico que traz muitas vantagens para o usuário. É um software livre, distribuído sob a licença pública geral (http://www.fsf.org/pt_home.html) e pode ser livremente copiado e distribuído entre os usuários, bem como pode ser instalado em diversos computadores. O Microsoft Word Excel foi usado para análise de regressão em parâmetros físicos como no Proctor Normal e na Infiltração de Água no Solo.

Foi usado o programa Surfer versão 8.0, Golden Software (2002) para retratar a distribuição espacial dos resultados analíticos, relativos à resistência mecânica a penetração do solo.

Utilizou-se o modelo determinístico local, gerando superfície bidimensional, tomando como base os valores dos vizinhos mais próximos como interpoladores. Esse método de acordo com Camargo et al. (2004), é definido pela escolha de apenas uma amostra vizinha para cada ponto da grade, sendo que esse interpolador mantém os valores de cotas das amostras na grade, sem gerar valores intermediários.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O clima quente e úmido da região favorece ao intemperismo químico das rocha e a lixiviação dos elementos alcalinos e alcalino-terrosos, principalmente nas áreas cuja textura do substrato seja grossa e facilite a percolação da água das chuvas. A junção desses fatores em grandes extensões do Planalto Amazônico, dos terraços pleistocênicos e dos escudos cristalinos, deu origem a solos profundos, muito intemperizados, ácidos e de baixa fertilidade natural como salientados por Schubart (1983).

A Litologia presente nas áreas do LA e PVAp se associa à Formação Cenozóica que abrange a maior parte da área do campo experimental da Embrapa Porto Velho, Formação Jaciparaná, formada por superfícies planas ou levemente inclinadas, com encostas suaves em todas as direções (Pediplanos antigos, Tercio-quadernários), compostos por argila, silte e areia heterogênea definidas por Scandolara (1990) como Coberturas Sedimentares Indiferenciadas. Os sedimentos destas áreas estão geneticamente associados a processos erosivos e deposicionais com alternância de períodos de clima úmido e seco desde o Pleistoceno Inferior até o Holoceno, segundo Payolla (1984), não havendo diferenças quanto ao substrato das áreas analisadas, referentes aos Latossolos e Argissolos identificados na Figura 5 p.33, tanto em áreas de pastagens como em áreas de florestas.

Quanto ao histórico de ocupação de toda a área da atual EMBRAPA/Porto Velho, tem-se que a mesma pertencia à Delegacia Federal de Agricultura (DFA) até início dos anos 80 quando ocorreu o desmembramento. Na área de estudo, parte da mancha de L A está associada à pastagem em degradação com 20 anos de pastejo, sendo que, até o início dos anos 70, existiu nessa área uma antiga capoeira, formada pelo abandono da exploração da agricultura de subsistência de uma pequena comunidade indígena que foi remanejada para aquele local, e ali residiram ainda no período da DFA na década de 60 até início da década de 70.

Posteriormente, a capoeira foi derrubada com uso de ferramentas convencionais entre os anos de 1977/78, e, em seguida, no ano de 1979, foi introduzida

experimentalmente uma coleção de gramíneas oriundas das várias regiões do país, cujo experimento durou cerca de 3 anos, sendo concluído em 1981.

Foto 03 – Área de Pastagem sobre Latossolo Amarelo



Após um pousio de 1 ano, a área foi destocada e preparada para receber a gramínea braquiário (*Braquiária decumbes*). Desde 1982 vem sendo usada como pastagem para carga de até 6 animais por há; até o ano de 1984, foi colado calcário na área de pastagem do L A, sendo que, posteriormente, a mesma não recebeu nenhuma adubação química ou orgânica, de acordo com informações verbais obtidas junto a chefia de campo da EMBRAPA/Porto Velho.

Os Latossolos Amarelos foram estudados na Amazônia inicialmente por Sombroek (1966), que o denominava de Kaolinitic Yellow Latossolos. Sua coloração é amarelada (bruno amarelado a bruno forte) de matizes a 2,5 Y a 7,5 YR com valores 5 e cromas igual ou superior a 4, com argilo mineral essencialmente caulínico e sem atração magnética, segundo Oliveira et al. (1992). São solos profundos bastante envelhecidos, com K_i , variando entre valores mínimos de 1,01 a máximos 2,34 entre os horizontes A e B, cuja relação silte/argila varia em média entre 0,16 a 0,61 de acordo com Vieira e Santos (1987).

São normalmente álicos ou distróficos, apresentando-se muito pobres quanto a sua fertilidade natural, sendo estes derivados de sedimentos areno-argilosos ou argilo-arenosos do Grupo Barreira e Ater-do-Chão (Terciário) ou ainda de material de cobertura relacionado àqueles sedimentos, em áreas de relevo plano a ondulado, segundo Camargo e Rodrigues, apud Oliveira et. al (1992).

De acordo com Valente et al. (1997), a unidade do L A estudado apresenta perfil profundo, pouco estruturado, bem drenado (fora da área compactada) e com horizontes A, Bw e C; suas principais variações relacionam-se à fase pedregosa em relevo suave ondulado. Em área plana como a estudada o LA possui A moderado, textura argilosa, e não apresenta efeito da pedregosidade. Desenvolvido sobre influência prolongada de um ambiente tropical úmido, é a classe de solo de maior representação geográfica no Brasil; em termos globais esta classe de solos possui 750 milhões de ha, sendo que aproximadamente 300 milhões de ha estão no Brasil, segundo Lepsch (2002).

O Podzólico Vermelho–Amarelo Àlico Plíntico (PVAp) foi classificado por Valente et al. (1997), posteriormente (Argissolos), segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Embrapa (2006). Ocupa a extensão de 27,69ha, da área mapeada do campo experimental da EMBRAPA/Porto Velho. É um solo mineral, caracterizado por intemperismo acentuado, mediamente profundo, mediamente drenado, moderadamente estruturado com seqüência de horizontes do tipo A-Btf e C.

Na área estudada, segundo Valente et al. (1997), o Argissolo apresenta baixa relação textural entre os horizontes A/B, possuindo cerosidade suficiente para revestir as unidades estruturais, caracterizando um horizonte B Podzólico. Ocorre em área plana e faz contato com o plintossolo, apresenta horizonte B com características plínticas e mosqueadas decorrente da variação do lençol freático nessa área do perfil e possui o horizonte A moderado.

Para Oliveira et al. (1992), o horizonte B pode possuir cores vermelha até a amarela, seguido de bruno forte e bruno-avermelhado com matizes de 10YR a 2,5YR. Na Amazônia, esses solos são bem desenvolvidos, ácidos, com baixo conteúdo de matéria orgânica e são solos não hidromórficos sendo que a maioria possui fertilidade natural baixa (distróficos), existindo na região os Argissolos Eutróficos em menor área.

Os PVAp são vistos como solos intermediários, alguns PVAp com argila de atividade alta (Ta), tendem a um Vertissolo de acordo com Oliveira et al. (1992). No caso dos PVAp, esse se caracterizam pela existência de um horizonte plíntico, situado na parte inferior do horizonte Bt ou nC e possuem drenagem interna nos perfis de moderada a imperfeita e mosqueados com cores cinza e ligeiramente vermelha, resultante de processos de oxi-redução, segundo Embrapa, (1982), Vieira e Santos et al. (1987).

Parte da mancha do PVAp estudado, foi utilizada para a implementação de experimentação agrícola voltada para o desenvolvimento do cultivo da Castanha do Pará na década de 50/60 pela DFA. A partir do início da década de 70, quando a área ainda pertencia à Delegacia Federal de Agricultura, o experimento foi abandonado, sendo, posteriormente, consorciado à pastagem implantada na área.

O uso do solo com pastagem, na mancha de PVAp, foi de 20 anos, sendo que nos últimos 3 anos a referida área encontrava-se subutilizada para o pastejo, a ponto de se formar uma capoeira rala com vegetação de baixo porte, recobrando parte dessas áreas de pastagens, como pode ser observado na Foto 4.

Foto 4 - Área de Pastagem em Solo PVAp



Parte seqüencial da mancha do Argissolo encontra-se com cobertura florestal classificada como de floresta aberta, segundo Brasil (1978), mostrado na Foto 5 a seguir.

Foto 5 – Área de Floresta Aberta em PVAp



4.2. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS ANALISADOS

4.2.1. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE LATOSSOLO AMARELO EM PASTAGEM

Entre 0 e 20 cm – A cor variegada do solo é definida como de fundo cinzento rosado (7,5 YR 6/2), as manchas que compõem de 20 a 25% do mosqueado são amarelo-avermelhadas (7,5 YR 6/2) e pontos internos que atingem 10% da mancha, de vermelho claro (2,5 YR 6/6). Textura argilosa, estrutura granular pequena com blocos subangulares de médios a grandes, coesão moderada a forte, poucos poros grandes e médios, consistência seca extremamente dura e úmida muito firme, plástico e pegajoso, com poucas raízes fasciculadas.

Entre 20 e 40 cm - Cor bruno amarelado (10YR 5/4), textura argilosa, estrutura granular pequena com blocos subangulares pequenos a médios, moderada, com poros comuns pequenos a médios, de consistência ligeiramente dura-seca a friável-úmida, material plástico, pegajoso, com presença de poucas raízes fasciculadas.

A atuação biogênica, nesta camada é restrita à presença de poucas formigas. Observa-se ainda gretas de contração no sentido vertical (da superfície do solo até 30 a 40cm de profundidade), detalhe na Foto 6. A transformação da estrutura granular pequena do Latossolo para blocos subangulares da camada adensada ocorre por deformações plásticas induzidas pelo ciclo de umedecimento e secagem, segundo Moniz (1996).

Foto 6 – Gretas de Contração em Latossolo Amarelo de Pastagem



Na área de pastagem do Latossolo Amarelo nota-se a presença de areia fina a média lavada sobre o solo compactado. Em geral, a areia está preenchendo micro depressões sobre o terreno, e sua origem parece estar associada ao efeito erosivo de superfície, atuando sobre as partículas da estrutura do solo que, quando úmido, desintegra-se mais facilmente, segundo Proffitt et al. (1993).

Após a desintegração e carreamento dos finos por ação das águas, o solo torna a secar com a presença de areia em sua superfície. A espacialização desta poderá estar condicionada a atuação do vento em superfície desprotegida ou com pouca vegetação (Foto 7 e 8).

Foto 7 – Areia Média a Fina Lavada Dispersa em Área de L A em Pastagem



Foto 8 – Areia Média a Fina na Superfície do Solo e Blocos Subangulares Duros a Extremamente Duros de 0 a 20 cm



4.2.2. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE L A EM FLORESTA

Entre 0 e 20cm - Cor bruno amarelado (10 YR 5/4), textura argilosa, estrutura granular com blocos subangulares pequenos, coesão fraca a moderada, classe pequena, consistência seca, ligeiramente dura e úmida friável, resistência à deformação plástica, pegajosa, com muitos poros grandes a médios, raízes fasciculadas finas, formando um tapete pouco espesso sobre o solo, nota-se presença de raízes grossas, com centímetros de diâmetros, junto à superfície, presença biogênica por cupins, formigas e pequenos animais da microfauna local do solo; com transição gradual entre os horizontes.

Entre 20 e 40 cm – Cor bruno amarelado, (10 YR 4/4), textura argilosa /franco argilosa, estrutura granular, com facilidade para romper em grãos simples ao cair no fundo da trincheira, coesão fraca, classe pequena, consistência úmida friável, consistência seca ligeiramente dura, resistência à deformação plástica, material pegajoso, com poros médios abundantes, com presença de raízes finas a médias predominantemente e, em alguns pontos, raízes grandes são encontradas; transição dos horizontes clara e plana.

Observa-se na trincheira e em outros pontos a presença de raízes apodrecidas, conforme Foto 9, formando canais milimétricos a centimétricos que atuam como dutos no esgotamento da água de superfície, nos meses de chuvas. O solo apresenta-se úmido em superfície, subsuperfície e friável.

Foto 9 – Latossolo Amarelo em Floresta Tropical Úmida.



4.2.3. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE PVAp EM PASTAGEM

As áreas de trincheiras em pastagem e floresta evidenciaram as seguintes caracterizações quanto a descrição de campo: a classificação do solo definida é de um Podzólico Vermelho Amarelo Álico Plíntico, como Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico, segundo Embrapa (2006) e apresenta textura argilosa a franco argilosa, de fase floresta equatorial aberta, com uso atual de pastagem e de floresta, o relevo é plano, tendo de 0 a 3% de declividade. Esses solos, de acordo com Embrapa (2006), apresentam horizonte plíntico em posição não diagnóstica para Plintossolo, ou que apresentam 5% ou mais de plintita e/ou petroplintita em um ou mais horizontes B textural, dentro de 150 cm de superfície do solo. No caso em estudo, o horizonte com mais de 5% de plintita aparece, em média, a 1 m de profundidade.

Entre 0 a 20 cm - Cor bruno (10 YR 4/3), textura argilosa, estrutura em blocos subangulares médios, coesão fraca, classe pequena, consistência seca ligeiramente dura, consistência úmida friável, plástica, ligeiramente pegajosa, com muitos poros médios a grandes, raízes fasciculadas finas a médias, com transição gradual. Na superfície, uma camada de 2 a 4 cm de serrapilheira é formada, observando-se atividades biogênicas de cupins e formigas.

Entre 21 a 40 cm – Cor vermelha-amarela (5 YR 4/6), textura argilosa, estrutura em blocos subangulares pequenos, coesão fraca a muito fraca, classe pequena, consistência seca ligeiramente dura, consistência úmida friável, resistência à deformação plástica e pegajosa, com poros médios a pequenos abundantes, raízes fasciculadas finas e médias, com transição gradual entre as profundidades consideradas.

Foto 10 – Carvão em PVAp na Profundidade de 0 a 20cm



Observa-se na Foto 10 em pastagem de PVAp entre 0 e 20 cm de profundidade evidencia a existência de carvão vegetal, relacionado a queimada acidental, ocorrida em parte da área de estudo à aproximadamente 6 anos.

Na Foto 11, destaca-se uma pequena mancha isolada de plintita avermelhada entre 30 a 40 cm de profundidade, no PVAp.

Foto 11 – Plintita em PVAp na Profundidade de 20 a 40cm



Valores acima de 5% de plintita no horizonte B textural só foram verificados a partir de 120 cm de profundidade em média, ou seja, dentro dos 150 cm da superfície de solo em horizontes B textural, em posição não diagnóstica para Plintossolo, segundo Embrapa (2006); trata-se de um Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico.

4.2.4. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE PVAp EM FLORESTA

Entre 0 a 20 cm - Cor bruno escuro (10 YR 3/3), textura argilosa, estrutura em blocos subangulares pequenos com formação de grumos, coesão fraca, classe pequena, consistência seca ligeiramente dura, consistência úmida friável, resistência à deformação plástica, ligeiramente pegajosa, com muitos poros médios, raízes fasciculadas finas a médias com presença de raízes grandes em superfície e subsuperfície do solo, com transição gradual entre as camadas; presença abundante de cupins e formigas nesta camada.

Entre 20 a 40 cm - Cor bruno (10 YR 4/4), textura argilosa, estrutura em blocos subangulares pequenos, coesão fraca, consistência seca ligeiramente dura, úmida friável, plástica, pegajosa, com poros médios a pequenos abundantes, raízes de diferentes espessuras, com presença de bioturbação associada a formigas e cupins, fotos 12 e 13. A umidade do solo na floresta é alta e sua friabilidade é percebida em amostras de superfície e subsuperfície.

Foto 12 – Cupinzeiro em Solo PVAp de Floresta



Foto 13 – Detalhe Interno de Cupinzeiro em PVAp de Floresta



A presença das formigas tem importante papel na manutenção e restauração do solo segundo Lobry- de – Bruyn (1999). A fauna do solo tem seu *habitat* alterado quando ocorrem desmatamentos e modificação do uso da terra, a exemplo da introdução de pastagem ou da monocultura, bem como a compactação promovida por diferentes atores que causem uma diminuição na diversidade da comunidade microbiana do solo,

segundo Giracca, et al (2003). A presença de cupins no solo na floresta do PVAp pode ser indicativo de que esta floresta seja secundária, segundo informação verbal do Prof. Dr. Jairo R. Jimenez Rueda, da UNESP, Campo de Rio Claro – SP.

O estágio de friabilidade no solo foi observado tomando-se um punhado de solo e comprimindo-o na mão cujas amostras de área de florestas úmidas, abaixo da serrapilheira (foto 14), apresentam, ao ser comprimidas, leve deformação e sinais de rachaduras. Antes de se romperem, essas amostras são facilmente moldadas e se esboroa com facilidade, tanto no L A quanto no PVAp.

Foto 14 – Cobertura do Piso Florestal em PVAp



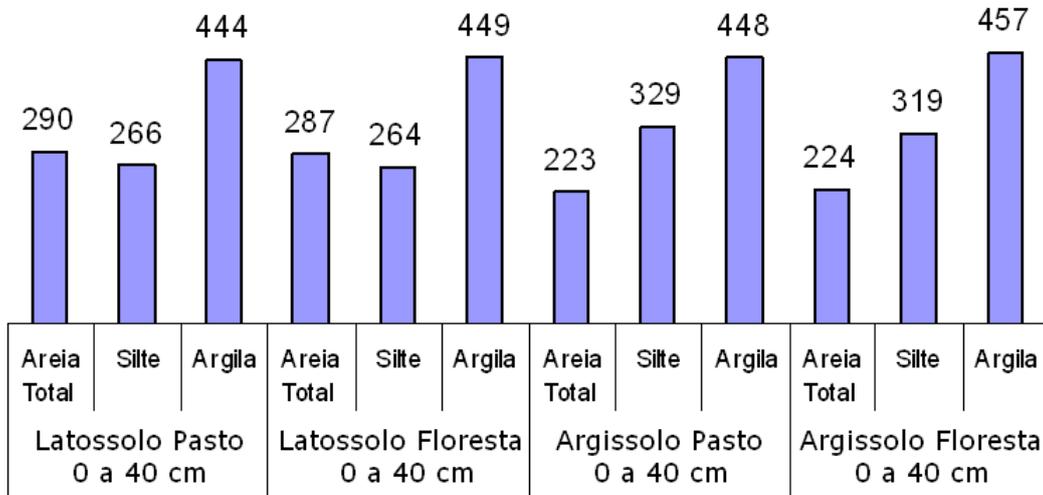
4.3. ANÁLISES FÍSICAS

4.3.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS ANALISADOS

A textura diz respeito à parte sólida do solo, constituída de partículas de diferentes tamanhos classificadas como: argila, silte, areias, cascalhos, calhaus e matacões. As três últimas são denominadas de pedregosidade quando associadas ao manejo de solos com fins de aplicação à agricultura. Considerando as amostras para análises, no presente trabalho, pode-se falar que o solo é formado por elementos ou componentes grossos misturados a componentes finos denominados de Terra Fina Seca ao Ar, (TFSA), que vai até 2 mm de diâmetro.

O Gráfico 2 mostra os valores de areia total, silte e argila para cada situação de ambiente e classe dos solos estudados, tendo como base os valores e classificação textural por amostra correspondente às Tabelas 3, 4, 5, e 7, adiante.

Gráfico 2 – Composição da Textura entre Classes e Ambiente dos Solos entre 0 a 40 cm.



O Gráfico 2, evidencia o predomínio da textura argilosa para as amostras de L A, como as de PVAp, tanto em pastagem como floresta. As amostras classificadas como francas argilosas no L A, atingem 16% dos dois ambientes considerados. O L A pode ter grandes variações texturais que vão desde o franco arenoso ao muito argiloso, com extremos de argila variando entre 15 e 93%, segundo registrado em Embrapa (1983) e em Oliveira et al. (1992).

A relação entre silte e argila para os Latossolos são predominantemente inferiores ou iguais a 0,7 de acordo com Jacomine (1979), sendo tal resultado um dos indicativos para a identificação da classe de Latossolos.

Tabela 3 - Granulometria e Matéria Orgânica de Latossolo Amarelo em Pastagem

Localização	Prof. / cm	Ar. Tot.	Silte	Argila	Textura	M. Org. g/kg
1S	0 - 20	305	265	430	Argiloso	13,1
1P	20 - 40	312	248	440	Argiloso	16,6
2S	0 - 20	355	250	395	Frc Arg.	20,1
2P	20 - 40	346	256	398	Frc Arg.	12,8
3S	0 - 20	321	255	424	Argiloso	18,2
3P	20 - 40	301	269	430	Argiloso	9,1
4S	0 - 20	289	295	416	Argilosa	11,8
4P	20 - 40	251	309	440	Argiloso	5,5
5S	0 - 20	321	235	444	Argiloso	18,2
5P	20 - 40	276	264	460	Argiloso	5
6S	0 - 20	296	259	445	Argiloso	12,6
6P	20 - 40	279	266	455	Argiloso	8,2
7S	0 - 20	277	273	450	Argiloso	14,7
7P	20 - 40	299	241	460	Argiloso	11,3
8S	0 - 20	258	273	469	Argiloso	8,1
8P	20 - 40	273	257	470	Argiloso	5,2
9S	0 - 20	300	261	439	Argiloso	9,6
9P	20 - 40	292	262	446	Argiloso	4,1
10S	0 - 20	279	271	450	Argiloso	14,6
10P	20 - 40	288	262	450	Argiloso	3,6
11S	0 - 20	410	237	353	Frc Arg.	9,6
11P	20 - 40	451	221	328	Frc Arg.	5,2
12S	0 - 20	298	278	424	Argiloso	11,2
12P	20 - 40	282	221	497	Argiloso	7,3
13S	0 - 20	272	233	495	Argiloso	15,6
13P	20 - 40	278	250	472	Argiloso	7,5
14S	0 - 20	253	270	477	Argiloso	3,6
14P	20 - 40	235	260	505	Argiloso	5
15S	0 - 20	271	255	474	Argiloso	16,6
15P	20 - 40	260	280	460	Argiloso	7,8
16S	0 - 20	296	270	434	Argiloso	6,3
16P	20 - 40	290	270	440	Argiloso	6,5
17S	0 - 20	292	278	430	Argiloso	11,8
17P	20 - 40	273	230	497	Argiloso	9,7
18S	0 - 20	263	283	454	Argiloso	10,2
18P	20 - 40	255	255	490	Argiloso	12,6
MÉDIA	-	290	266	444	-	10,2

Tabela 4 - Granulometria e Matéria Orgânica de Latossolo Amarelo em Floresta

Localização	Prof. / cm	Ar. Tot.	Silte	Argila	Textura	M. Org. g/kg
1S	0 - 20	362	248	390	Frc Arg.	19,4
1P	20 - 40	342	259	399	Frc Arg.	18,7
2S	0 - 20	443	220	337	Frc Arg.	20,8
2P	20 - 40	429	221	350	Frc Arg.	19
3S	0 - 20	347	268	385	Frc Arg.	24,8
3P	20 - 40	355	260	385	Frc Arg.	22,6
4S	0 - 20	350	250	400	Frc Arg.	22,7
4P	20 - 40	262	305	433	Argiloso	20,3
5S	0 - 20	244	306	450	Argiloso	20,9
5P	20 - 40	206	314	480	Argiloso	24,4
6S	0 - 20	330	234	436	Argiloso	19,4
6P	20 - 40	250	295	455	Argiloso	18,7
7S	0 - 20	333	220	447	Argiloso	20,8
7P	20 - 40	321	221	458	Argiloso	19
8S	0 - 20	294	268	438	Argiloso	24,8
8P	20 - 40	294	260	446	Argiloso	22,6
9S	0 - 20	284	262	454	Argiloso	25,3
9P	20 - 40	282	250	468	Argiloso	22,5
10S	0 - 20	255	273	472	Argiloso	22,5
10P	20 - 40	260	280	460	Argiloso	21,8
11S	0 - 20	265	255	480	Argiloso	23,8
11P	20 - 40	251	285	464	Argiloso	21,5
12S	0 - 20	256	254	490	Argiloso	21,7
12P	20 - 40	205	310	485	Argiloso	18,8
13S	0 - 20	307	244	449	Argiloso	21,4
13P	20 - 40	285	249	466	Argiloso	25,9
14S	0 - 20	302	210	488	Argiloso	23,7
14P	20 - 40	279	229	492	Argiloso	19,4
15S	0 - 20	251	268	481	Argiloso	21,6
15P	20 - 40	283	224	493	Argiloso	20,3
16S	0 - 20	290	268	442	Argiloso	21,8
16P	20 - 40	281	260	459	Argiloso	20,1
17S	0 - 20	243	277	480	Argiloso	23,9
17P	20 - 40	245	275	480	Argiloso	19,5
18S	0 - 20	235	275	490	Argiloso	22,4
18P	20 - 40	197	314	489	Argiloso	20,8
MÉDIA	-	287	264	449	-	21,6

Tabela 5 - Granulometria e Matéria Orgânica Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico em Pastagem

Localização	Prof. / cm	Ar. Tot.	Silte	Argila	Textura	M. Org. g/kg
1S	0 - 20	169	401	430	Argilo silt.	10,3
1P	20 - 40	166	400	434	Argilo silt.	7,4
2S	0 - 20	141	405	454	Argilo silt.	20,1
2P	20 - 40	141	400	459	Argilo silt.	12,8
3S	0 - 20	240	310	450	Argilosa	16,4
3P	20 - 40	244	300	456	Argilosa	12,6
4S	0 - 20	278	290	432	Argilosa	11,8
4P	20 - 40	230	312	458	Argilosa	7,6
5S	0 - 20	280	295	425	Argilosa	18,2
5P	20 - 40	248	305	447	Argilosa	14,6
6S	0 - 20	262	300	438	Argilosa	12,6
6P	20 - 40	270	290	440	Argilosa	8,2
7S	0 - 20	276	280	444	Argilosa	14,7
7P	20 - 40	253	295	452	Argilosa	11,3
8S	0 - 20	270	274	456	Argilosa	12,7
8P	20 - 40	245	310	445	Argilosa	8,3
9S	0 - 20	257	305	438	Argilosa	9,6
9P	20 - 40	214	330	456	Argilosa	6,8
10S	0 - 20	258	306	436	Argilosa	14,6
10P	20 - 40	272	290	438	Argilosa	9,6
11S	0 - 20	240	318	442	Argilosa	10,7
11P	20 - 40	224	320	456	Argilosa	7,8
12S	0 - 20	240	300	460	Argilosa	11,2
12P	20 - 40	222	310	468	Argilosa	9,6
13S	0 - 20	243	307	450	Argilosa	15,6
13P	20 - 40	243	293	464	Argilosa	12,5
14S	0 - 20	235	317	448	Argilosa	13,8
14P	20 - 40	237	316	447	Argilosa	9,7
15S	0 - 20	276	310	414	Argilosa	17,3
15P	20 - 40	212	327	461	Argilosa	14,4
16S	0 - 20	136	393	471	Argilosa	21,8
16P	20 - 40	147	356	497	Argilosa	20,1
17S	0 - 20	197	391	412	Argilosa	23,9
17P	20 - 40	169	387	444	Argilosa	19,5
18S	0 - 20	173	395	432	Argilosa	22,4
18P	20 - 40	158	405	437	Argilo silt.	20,8
MÉDIA	-	223	329	448	-	13,6

Tabela 6 - Granulometria e Matéria Orgânica Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico em Floresta

Localização	Prof. / cm	Ar. Tot.	Silte	Argila	Textura	M. Org. g/kg
1S	0 - 20	284	294	422	Argilosa	15,6
1P	20 - 40	247	292	461	Argilosa	14,3
2S	0 - 20	246	296	458	Argilosa	18,7
2P	20 - 40	198	312	490	Argilosa	17,2
3S	0 - 20	214	322	464	Argilosa	19,5
3P	20 - 40	215	301	484	Argilosa	16,2
4S	0 - 20	267	286	447	Argilosa	17,2
4P	20 - 40	273	280	447	Argilosa	15,1
5S	0 - 20	198	328	474	Argilosa	21,8
5P	20 - 40	256	295	449	Argilosa	16,4
6S	0 - 20	286	290	424	Argilosa	18,5
6P	20 - 40	274	284	442	Argilosa	15,4
7S	0 - 20	184	333	483	Argilosa	19,6
7P	20 - 40	226	322	452	Argilosa	15,8
8S	0 - 20	201	322	477	Argilosa	19,2
8P	20 - 40	243	279	478	Argilosa	17
9S	0 - 20	209	321	470	Argilosa	21,6
9P	20 - 40	205	315	480	Argilosa	17,6
10S	0 - 20	274	294	432	Argilosa	18,4
10P	20 - 40	260	287	453	Argilosa	14,9
11S	0 - 20	286	295	419	Argilosa	23,8
11P	20 - 40	267	295	438	Argilosa	21,5
12S	0 - 20	233	323	444	Argilosa	21,7
12P	20 - 40	256	307	437	Argilosa	18,8
13S	0 - 20	287	283	430	Argilosa	21,4
13P	20 - 40	264	296	440	Argilosa	25,9
14S	0 - 20	249	298	453	Argilosa	23,7
14P	20 - 40	208	324	468	Argilosa	19,4
15S	0 - 20	177	329	494	Argilosa	16,6
15P	20 - 40	185	305	510	Argilosa	12,4
16S	0 - 20	136	405	459	Argilo silt.	10,3
16P	20 - 40	133	404	463	Argilo silt.	8,5
17S	0 - 20	118	418	464	Argilo silt.	11,8
17P	20 - 40	125	411	464	Argilo silt.	9,7
18S	0 - 20	234	338	428	Argilosa	10,2
18P	20 - 40	222	336	442	Argilosa	10,2
MÉDIA	-	224	319	457	-	17,1

No PVAp predomina a textura argilosa em pastagem e floresta, sendo que na pastagem 14% das amostras apresentam textura argilo-siltosa e 11% para a floresta. Sua textura, no entanto, pode variar entre média a muito argilosa, segundo Vieira e Santos (1987).

Os índices de silte para o Podzólico Vermelho Amarelo Plíntico (Argissolos, Embrapa, 2006), se associam aos exemplos de valores médios, observados em Vieira e Santos (1987) para o mesmo solo na Região Amazônica, sendo que a relação silte e argila desses solos, segundo os autores, podem oscilar a um nível médio entre 0,29 e 0,71, com variações de um nível máximo entre 0,57 e 1,63, e um mínimo entre 0,13 e 0,26.

Os valores de silte observados em algumas camadas do PVAp em pastagem e floresta, permitiram a classificação textural dessas como argilo-siltosa, indicando que os valores de silte nestas camadas encontram-se por volta de 40%, o que confere com os resultados definidos em Ipean (1967, p.48), para o então classificado Podzólico Vermelho Amarelo variação Porto Velho, cujos índices de silte variavam para o horizonte A entre 22 e 42% e para o horizonte B entre 14 e 45%.

A Figura 5, p. 33, relativa ao mapa de solo e aos pontos de amostragem na área de estudo, evidencia a proximidade das manchas do PVAp aos Plintossolos existentes na área, que possuem uma textura franco argilosa e argilo-siltosa, verificadas em campo, sendo comum a ambas a situação de relevo plano e o desenvolvimento em sedimentos indiferenciados, segundo Scandolara (1990).

4.3.2. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS DE DENSIDADE APARENTE, POROSIDADE TOTAL, UMIDADE ATUAL E RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DOS SOLOS

Os resultados obtidos no Gráfico 3, abaixo, com base nos dados dos apêndices A, B, C e D, evidenciam valores mais altos de densidade aparente dos solos nas áreas de pastagem de L A 1,58 g/cm³ (A) e PVAp 1,28 g/cm³ (B), existindo diferenças significativas entre estes, como demonstrado na Tabela 7, com aplicação do teste de Tukey (P>0,05). Os valores da densidade aparente em áreas de floresta para os dois solos avaliados foram os mais baixos e não apresentaram diferenças significativas entre os resultados, sendo estes de (1,14 g/cm³) e (1,12 g/cm³).

Gráficos 3 - Densidade Aparente em Diferentes Ambientes e Classes de Solos

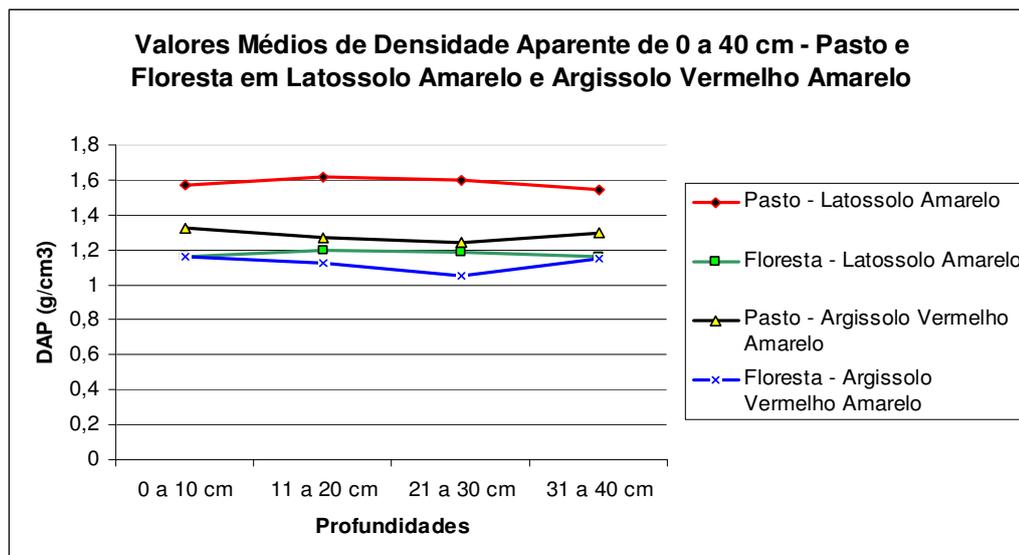


Tabela 7 - Tukey Aplicado a Densidade Aparente (g/cm³) nas Classes e Ambientes dos Solos

Profundidade	LA		PVAp	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 40 cm	1,585 A	1,148 B	1,284 C	1,122 B

Médias em mesma linha seguidas de letras maiúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

O efeito da compactação animal, como no caso, ou por maquinário sobre o solo é caracterizado pelo aumento da sua densidade em função do arranjo das partículas primárias argila, silte e areia. De acordo com Black (1965), Moreira et al. (2005), o solo, quando submetido a uma pressão ou esforço, promove uma redução em seu espaço aéreo, aumentando assim a sua densidade.

Os valores de densidade aparente, observados em PVAp, considerando o seu uso como pastagem por 20 anos, mostram-se inferiores em torno de 0,4 g/cm³ dos resultados observados em pastagem de L A, e superiores aos das florestas para os dois solos. Essa diferença para os índices de densidade do PVAp, entre a pastagem de L A e as florestas de ambos os solos, devem estar associados a fatores do meio, como a variação da umidade, pequenas variações texturais e de matéria orgânica do solo, Jorge (1983), Longo (1999, 2000). Nas áreas estudadas, a matéria orgânica foi mais elevada na pastagem de PVAp (14%) em relação ao L A (10%).

Fatores condicionados ao histórico recente do uso desses solos mostram que, no caso do PVAp, a baixa utilização com pastejo, nos últimos 3 anos, favoreceu a formação de uma capoeira com porte de pequenos arbustos, observada na Foto 4, p.48

proporcionando com o adensamento de folhagem, uma maior proteção ao solo contra os efeitos pluvioerosivos e de selagem de superfície, de acordo com Guerra (1994), contribuindo ainda para a melhoria da estrutura desse solo, Foto 15, com a formação de grumos mais estáveis em água, Primavesi (1981), associado ao aumento dos índices de matéria orgânica em relação ao L A, como evidenciado pelos resultados apresentados anteriormente nas Tabelas 3 e 5.

Foto 15 – Estrutura de PVAp na Profundidade de 0 a 20 cm



A densidade aparente reflete a qualidade física do solo, que pode ser modificada em função do tipo de uso aplicado ao mesmo. Trabalho de Leite e Medina (1984), avaliando sistemas de manejo em um Latossolo Amarelo na Amazônia, mostra o efeito do maquinário agrícola sobre áreas com presença e sem presença de vegetação, determinando valores da densidade aparente maiores nas áreas sem vegetação e menores nas demais.

A qualidade física do solo pode ser observada nos índices de densidade do Gráfico 3, quando vemos a linha em vermelho do L A em pastagem com valores acima de $1,5 \text{ g/cm}^3$, em contraste com os valores entre $1,0$ e $1,2 \text{ g/cm}^3$ para densidade em floresta. Os valores em torno de $1,25 \text{ g/cm}^3$ para a pastagem de PVAp demonstrou, nesse caso, o efeito da quase ausência do pisoteamento do gado nos últimos 3 anos, criando uma situação próxima a de pousio do solo, o que permitiu observar o aumento da biomassa sobre sua superfície, protegendo a mesma da pouca compactação por pisoteamento

nesse período, contribuindo para o aumento médio da matéria orgânica sobre os valores observados no LA, como evidenciado nas tabelas 3 e 5 anteriores.

No caso dos solos das áreas de pastagens, Schaefer et al. (2002), expõe que o processo da degradação daquelas áreas dá-se também pela perda de nutrientes como K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e P, assunto a ser abordado adiante neste trabalho, definindo os solos estudados como álicos e conseqüentemente distróficos. Os valores médios de matéria orgânica em área de pastagens, observados nas Tabelas 3 e 5, para L A e PVAp, foram classificadas como índice baixo. Os valores médios individualizados da matéria orgânica para cada mancha de solos analisada mostraram que a área de L A teve resultado inferior (10,2 g/Kg), quando comparado ao do PVAp (13,65g/Kg).

Essa diferença, considerando o mesmo uso do solo, pastagens para L A e PVAp é explicada possivelmente devido a maior contribuição da biomassa nas áreas do PVAp, em função do adensamento da vegetação promovida pela pouca atividade de pastejo que permitiu a formação de uma capoeira de baixo porte, fato que não ocorreu em relação a pastagem degradada e de uso contínuo do L A.

Para Salton & Mielniczuk (1995) e Kiehl, (1979), os solos com valores mais elevados de matéria orgânica apresentam índices de densidade aparente menores. Essa afirmação é confirmada pelos valores da densidade aparente, observados no PvAP em relação ao L A na área de pastagem, bem como nos resultados das florestas de ambos os solos em relação a pastagem do Latossolo Amarelo, cujo valor em torno de $1,6 \text{ g/cm}^3$ é o mais alto registrado, como exposto no Gráfico 3 e na Tabela 7.

A perda de matéria orgânica e a redução dos teores de K, Ca, Mg e P observados para todos os solos estudados e definidos como álicos, repercutem de maneira mais crítica na área de pastagem do L A. Os valores mais baixos da matéria orgânica, observada nessas pastagens, obedecem a uma seqüência de perdas que incluem além dos nutrientes a própria matéria orgânica. Essas reduções, de acordo com Silva et al. (2006). ocorrem a partir da mudança da cobertura vegetal de floresta, até a pastagem onde se encontram os níveis mais críticos.

A Porosidade Total apresentada no Gráfico 4, a seguir, se comporta de maneira inversa à densidade aparente para os solos analisados. Os resultados evidenciam que os solos com maior densidade possuem baixa porosidade total e vice – versa. As áreas mais compactadas, mais adensadas do L A visto, no Gráfico 3, foram as que apresentaram

porosidade mais baixa, em torno de 32%, com pequeno aumento de profundidade, sem, no entanto, atingirem o índice de 40%, como demonstrado no gráfico 4 abaixo.

Gráfico 4 – Porosidade Total em Diferentes Ambientes e Classes Solos

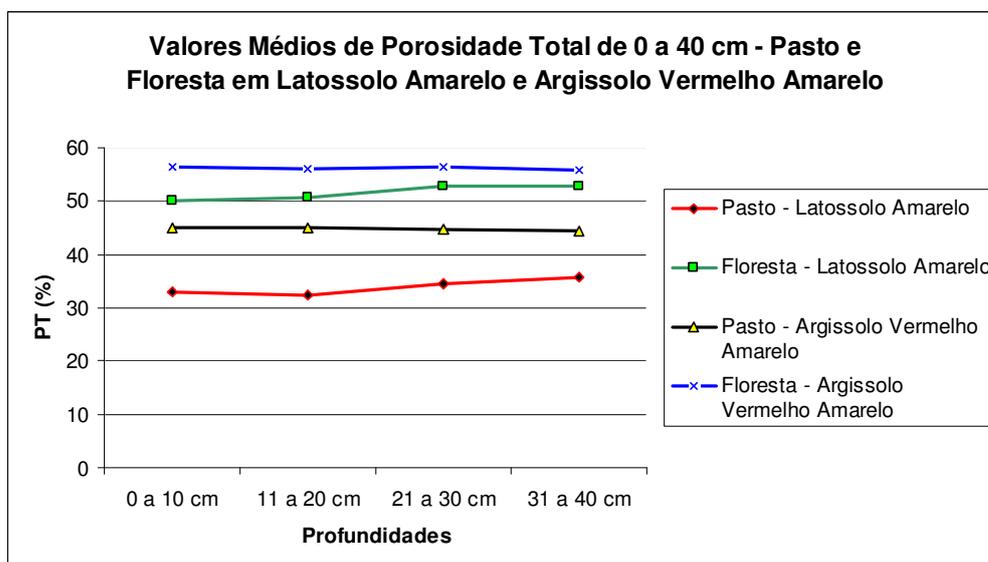


Tabela 8 - Teste de Tukey Aplicado a Porosidade Total (%) nas Classes e Ambientes dos Solos

Profundidade	LA		PVAp	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 40 cm	33,93 A	51,54 B	44,79 C	52,85 B

Médias em mesma linha seguidas de letras maiúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Os valores médios de porosidade definidos para solos com textura argilosa variam entre 40 e 60%, segundo Kiehl (1979), Schaefer et al. (2002). Observando os índices da porosidade total acima, vê-se que no caso do LA esses se encontram entre 32 a 35%, devido ao maior efeito da compactação observada. Quanto aos valores da porosidade total para as áreas de florestas, bem como da pastagem em PVAp, encontram-se dentro da situação média de porosidade para solos com textura argilosa, não indicando diferenças significativas para os solos de florestas, mas sim para as áreas de pastagens em ambos os solos.

A situação de valores mais altos de porosidade total para o PVAp, em relação ao LA, pode estar associada a vários fatores dentre os quais os índices mais altos da matéria orgânica encontrados no PVAp em relação ao LA. Esse índice mais alto da matéria orgânica segundo Silva et al. (2006), pode atuar na melhoria da porosidade, da permeabilidade e retenção da umidade no solo. Os valores evidenciados anteriormente na

avaliação da densidade aparente mostraram que através da sua redução ocorre um aumento dos espaços internos do solo, ou da porosidade total.

As Tabelas 5 e 6 apresentaram diferenças significativas a um nível de $P > 95\%$, para as áreas de pastagens dos dois solos avaliados, confirmando as diferenças entre densidade e porosidade, sendo os níveis médios da matéria orgânica do PVAp de 13,6 g/kg superior ao apresentados pelo L A, de 10,2 g/kg. As estruturas em bloco e granular classificadas pela identificação morfológica de campo para os solos estudados, a exemplo da Foto 8, p.50, evidenciam pela sua classificação um bom indicador quanto aos aspectos da qualidade física associada à porosidade. Essas estruturas permitem a formação de um bom número de poros, segundo Coelho Netto (1994), melhorando o movimento de fluxos em todas as direções no interior do solo.

Os resultados da umidade apresentaram diferenças significativas entre o L A e o PVAp, no que se refere ao uso do solo (pastagens ou florestas), como a cada classe de solo considerada (gráfico 5). Observa-se, que os valores de floresta do L A e pastagem do PVAp, apresentam valores similares conforme resultados da Tabela 7, p. 62. Os dados relativos a porosidade total e umidade atual dispostos nos Quadros B e D, em apêndice, evidenciam a grande diversificação de valores que refletem possivelmente as proporções diferenciadas de ar e água nos poros durante o período de amostragem.

Gráfico 5 – Umidade Atual em Diferentes Ambientes e Classes Solos

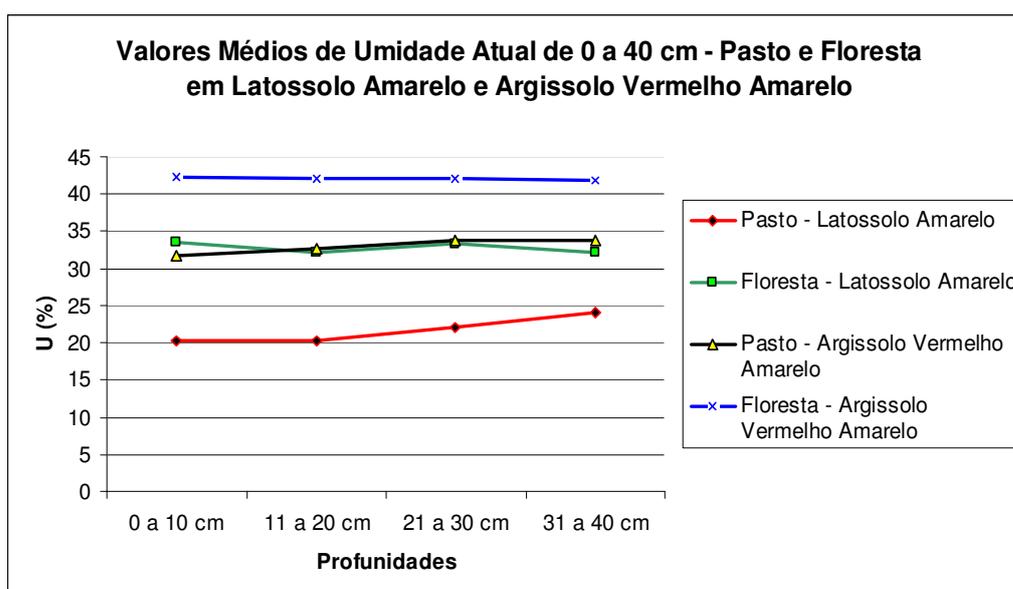


Tabela 9 – Teste de Tukey Aplicado a Umidade Atual (%) nas Classes e Ambientes dos Solos

Profundidade	LA		PVAp	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 40 cm	21,65 A	32,79 B	32,93 B	42,11 C

Médias em mesma linha seguidas de letras maiúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$)

Os valores mais baixos de umidade atual observados no Latossolo Amarelo, tanto em pastagem quanto em floresta, (Tabela 9), eram esperados em razão do mesmo caracterizar-se pela baixa retenção de umidade, sendo esta característica justificada em Silva (1996), ao afirmar que de um modo geral os solos tropicais, e especialmente os Oxisols, possuem uma baixa capacidade de retenção de água, em termos de disponibilidade para as plantas, com valores em torno de 10%, porém considerando o perfil como um todo, a acumulação de umidade geralmente é expressiva.

Os valores de umidade observados anteriormente no Gráfico 5 foram menores para a pastagem em L A, similares para Floresta de L A e pasto de PVAp e mais altos para área de floresta de PVAp. Contudo, os valores de umidade foram superiores aos 10% citados por Silva (1996), sendo que os índices de umidade para o Latossolo Amarelo variaram de 20 a 32%, enquanto para o Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico tiveram variação entre 33 a 42%.

Comparativamente percebe-se que a disposição dos teores de umidade no Gráfico 5 associam-se a mesma disposição da porosidade no Gráfico 4, principalmente para os valores máximos de umidade e porosidade, relacionados ao ambiente do solo de floresta no PVAp e os de mínima referente ao ambiente de pastagem no L A. Essa relação ressalta, mais uma vez, os efeitos da compactação na pastagem do L A, evidenciado na relação existente entre os menores índices de porosidade estarem associados aos menores de umidade, caracterizando um nível de compactação do solo.

Os Gráficos 6 e 7 avaliam a situação da umidade do solo em relação aos valores do limite superior de água disponível, determinado a uma tensão de 1/3 atm e o limite inferior a 15 atm, ambos denominados respectivamente de capacidade de campo e ponto de murcha permanente, de acordo com Winter (1976). Os valores plotados nos gráficos correspondem à média da umidade entre 0 a 20 e 21 a 40 cm de profundidade, com base nos dados disponibilizados no Quadro D, em apêndice.

A faixa de umidade definida em Kiehl (1979, p.105) como “solo de aspecto úmido” corresponde a umidade contida nos solos entre as tensões de 1/3 e 15 atm, e, segundo Vaz et al. (2002) esta é a faixa de umidade ideal para a melhor utilização do penetrômetro de impacto nas medições de resistência mecânica do solo à penetração (RP), em condições naturais de campo. Deve-se considerar que em solos muito úmidos ocorre pouca diferenciação das medidas realizadas e, em solos demasiadamente secos, as medidas são muito demoradas e encorrem em erros de interpretação quanto à compactação existente no solo.

Gráfico 6 – Umidade Atual Relacionada com o Limite Inferior e Superior de Água Disponível no L A.

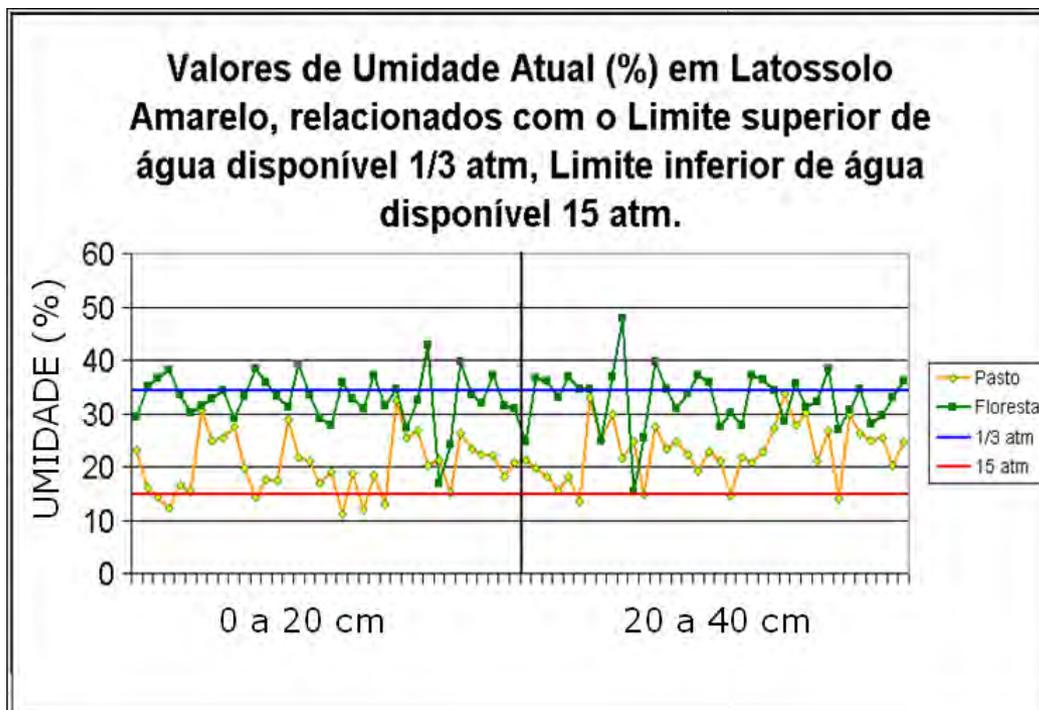


Tabela 10 - Valores de Umidade Atual a 1/3 e 15 atm em LA

Prof.(cm)	1/3 atm	15 atm
0 - 20	31,61	13,69
20 - 40	36,83	16,04
Média	34,22	14,86

O comportamento da variação da umidade no Latossolo Amarelo em área de pastagens (Gráfico 6) mostra que 82% das 72 medições de umidade mantiveram-se entre o limite superior e inferior de água no solo. Valores acima do índice superior correspondente a 15 atm, equivalente ao “ponto de murcha permanente” totalizaram

somente 12 amostras, sendo que 8 delas encontravam-se entre 0 e 20 cm de profundidade e as demais entre 20 a 40 cm.

Na área de floresta em L A, observa-se o não registro de umidade cuja faixa de tensão fosse igual ou superior a 15 atm em nenhuma das profundidades consideradas. A faixa de valores na condição de solo de aspecto úmido entre 1/3 e 15 atm totalizou 65% das 72 amostras. O restante das 25 amostras obteve valores abaixo de 1/3 de atm, sendo que 55% destas encontravam-se entre 20 e 40 cm de profundidade. Situação semelhante, com a não-existência de valores igual ou superior a 15 atm, pode ser observada para as áreas de floresta no PVAp, no Gráfico 7 a seguir.

Gráfico 7 – Umidade Atual Relacionada com o Limite Inferior e Superior de Água Disponível no PVAp

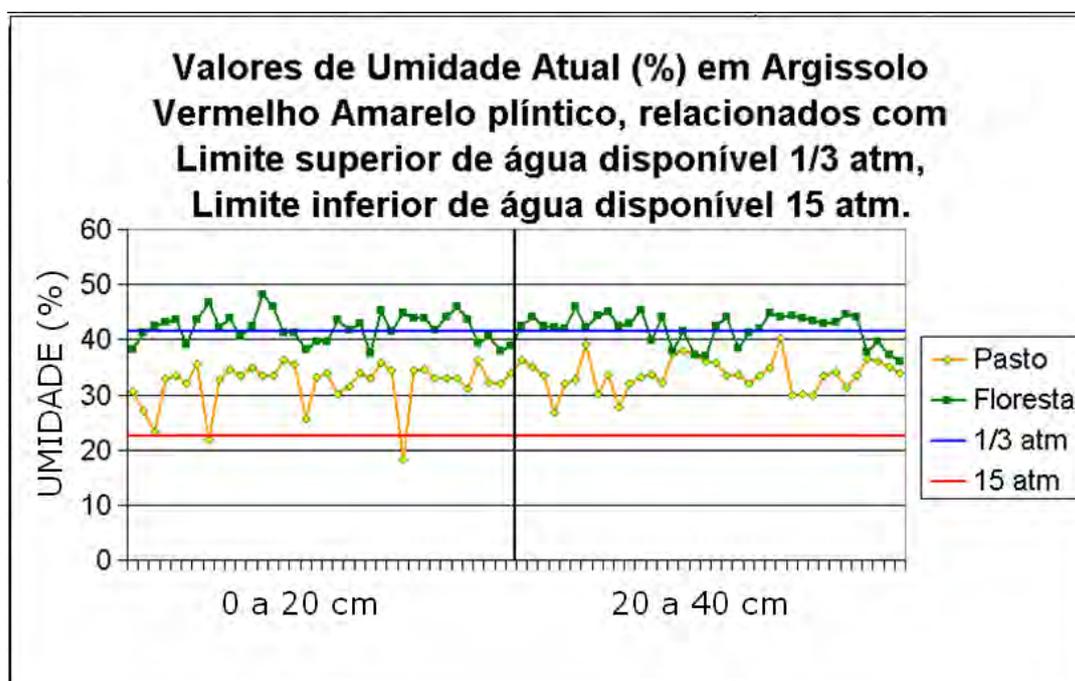


Tabela 11 - Valores de Umidade Atual a 1/3 e 15 atm em PVAp

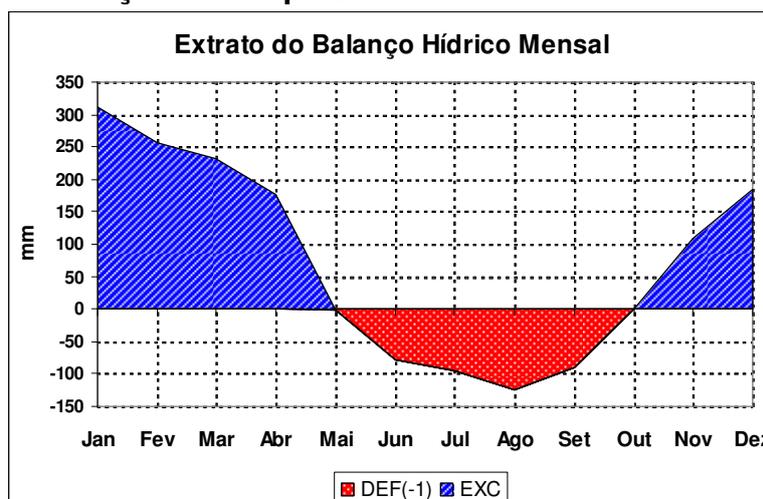
Prof.(cm)	1/3 atm	15 atm
0 - 20	36,48	19,94
20 - 40	46,63	24,99
Média	41,55	22,46

Observa-se no Gráfico 7 que os valores de umidade determinados a tensões abaixo de 1/3 atm tendem para o “aspecto de solo molhado”, segundo Kiehl (1979), totalizando 45 ou 62,5% das 72 amostras analisadas, sendo que a maioria, 25 amostras, encontravam-se entre 20 a 40 cm de profundidade; o mesmo observado anteriormente

para o L A. As amostras com teores de umidade entre as tensões de 1/3 e 15 atm totalizaram 27, sendo que as condições da umidade do solo na área de floresta do PVAp foram predominantemente altas, ou seja, superior ou igual a tensão a 1/3 atm, com aspecto de solo molhado, segundo Kiehl (1979).

Tais resultados evidenciam as variações da umidade ao longo do tempo e em ambientes contrastantes. O Gráfico 8, abaixo, baseado em Gama (2007), mostra que o período crítico quanto à deficiência hídrica dos solos ocorreu entre os meses de junho e setembro, sendo mais crítico em agosto. Os meses de maio, em seu início, e setembro, em seu final, são meses em geral de transição em que ainda ocorre alguma precipitação e a vegetação, incluindo as pastagens, mantém os solos ainda úmidos. Nota-se em campo que a umidade nos solos (argilosos) foi mais preservada onde esses não estavam expostos e que a alta umidade noturna (sereno) mantinha úmido o capim das pastagens, a serrapilheira existente e a superfície dos solos durante boa parte da manhã.

Gráfico 8- Balanço Hídrico pelo Método de Thornwait-Mather (1957)



Fonte : Gama da Silva (2007)

O valor crítico inferior da faixa ideal de umidade para medição da resistência a penetração do solo (RP), segundo Vaz (2002), é determinado com tensões iguais ou acima de 15 atm no solo. Esse valor, também denominado de ponto de murcha permanente, segundo Winter (1976) Kiehl (1979), seria um limite mínimo de água no solo para sobrevivência da vegetação, mas que, de acordo, ainda, com os autores podem variar quanto a maior ou menor resistência das espécies vegetais ao índice determinado.

Os dados considerados no presente estudo evidenciaram que 15 amostras ultrapassaram a condição de ponto de murcha, sendo 12 amostras da área de pastagem do L A, das quais 8 encontravam-se entre 0 a 20 cm de profundidade e somente 3

amostras eram do PVAp. Esses resultados podem estar associados a inúmeros fatores como as variações de umidade, conforme Vaz (2002), Klein et al. (1998), distribuição de poros no solo, Coelho Netto (1994), matéria orgânica e as pequenas variações texturais, Primavesi (1981).

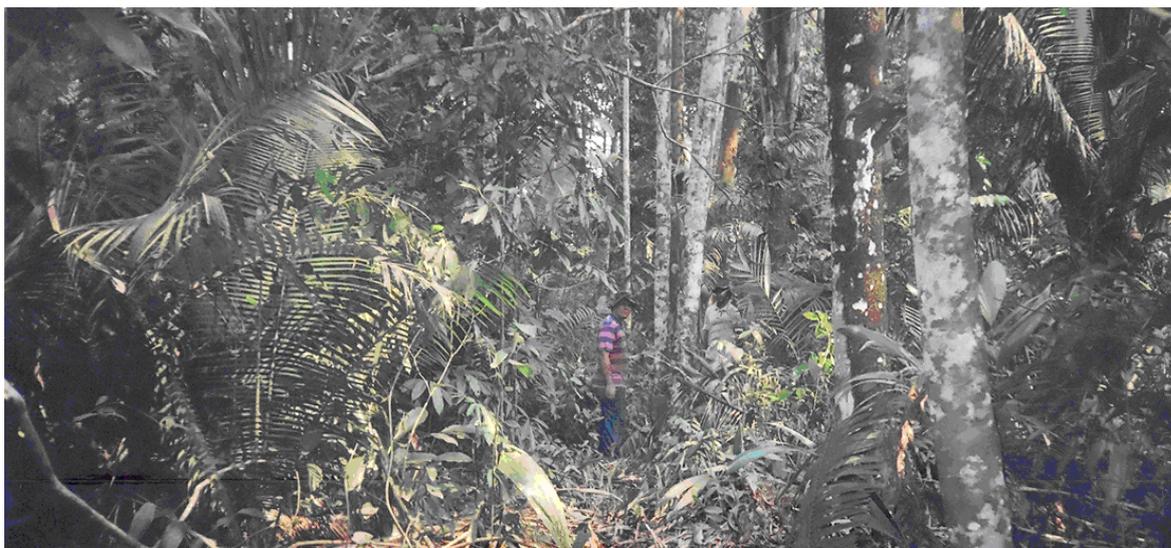
Os índices de umidade abaixo do ponto de murcha registrados nas amostras do Latossolo Amarelo devem-se “a baixa capacidade de retenção de água” desse solo, conforme salientado em Silva (1996), em conjunto com a contínua secagem natural na superfície dos solos, considerando que 8 das 12 amostras do L A encontravam-se entre 0 e 20 cm de profundidade no período da coleta das amostras, nas duas semanas iniciais de maio e o contraste da vegetação existente sobre o L A (Foto 3) e no PVAp (Foto 4), quanto à proteção dos solos aos efeitos da evapotranspiração existente e conservação da umidade.

Fisch et al. (1997) mostra em seu trabalho que a temperatura do ar nas áreas de pastagens são em média 1 °C mais alta, podendo chegar a 3,8 °C em fins de agosto, do que nas áreas de florestas. Ferreira da Costa et al.(1998), analisando as variações de precipitação em áreas de floresta e pastagem no Município de Ji - Paraná - RO, concluíram que nas florestas a distribuição das chuvas é mais regular que nas pastagens, e que, devido às modificações na cobertura vegetal, registrou-se um aumento médio de 28% a mais de precipitação em áreas de florestas do que em pastagens.

A associação de elementos, como a situação de baixa umidade e capacidade de retenção de água verificada nas amostras de LA, os efeitos de maior ressecamento em superfície do solo, com a maior quantidade de fluxo de calor sensível proveniente da pastagem, dada a falta de chuva e pouca umidade neste período do ano, segundo Villa Nova (1987), promove um aumento na taxa de evapotranspiração que afeta mais a superfície do solo que a subsuperfície.

O sombreamento e a camada espessa de serrapilheira das áreas de florestas fazem parte dos elementos que contribuem para a maior proteção da umidade na superfície dos seus solos, onde foi determinada uma condição de umidade superior ao índice crítico de umidade, como observado nos Gráficos 6 e 7, numa situação de “solo molhado”, de acordo com Kiehl (1979).

A Foto 16 a seguir evidencia o sombreamento na floresta de L A e a serrapilheira sobre a superfície do solo.

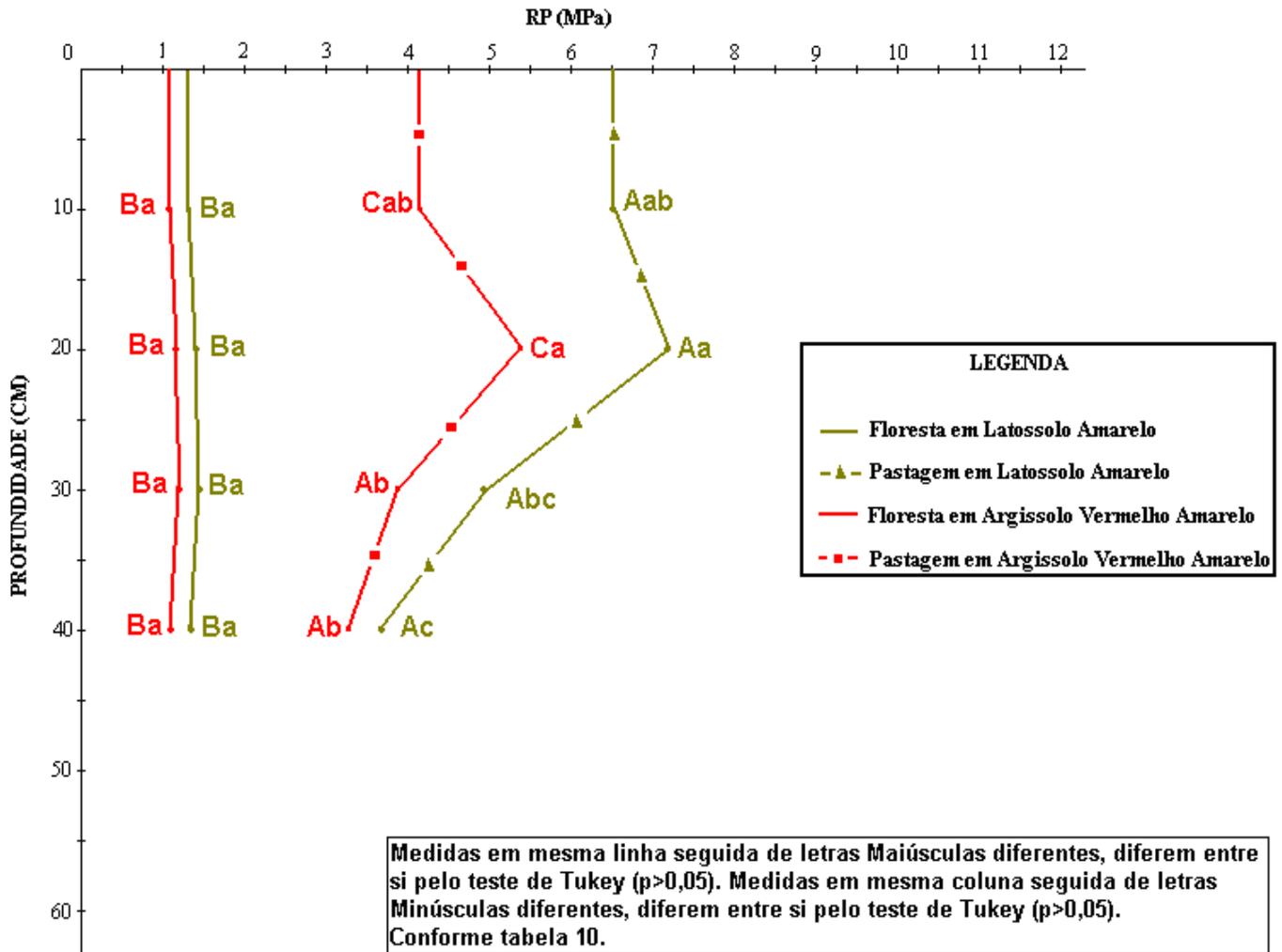
Foto 16 – Sombreamento e Serrapilheira sobre Solo LA em Floresta**4.3.3. ANÁLISE DE RESISTÊNCIA MECÂNICA A PENETRAÇÃO (RP)**

O Gráfico 9 representa os valores médios da compactação medida com o uso do Penetrômetro de Impacto em ambientes de pastagem e floresta, considerando os 18 pontos amostrais em quatro diferentes profundidades, utilizado na medição da RP em duas manchas distintas de solos, considerando os ambientes de pasto e floresta, conforme demonstrado no Quadro C, em Apêndice.

Esse gráfico salienta as diferenças da compactação proveniente do pisoteio animal, evidenciando as profundidades onde foram mais visíveis os efeitos da mesma. Os valores da RP, obtidos nas áreas de pastagens e florestas do Latossolo Amarelo (LA) e do Podzólico Vermelho Amarelo plíntico (PVAp), atual Argissolos, apresentaram resultados diferenciados entre as suas profundidades e entre os solos considerados.

Entre 0 a 10 cm de profundidade nas camadas superficiais das áreas de pastagens, registraram-se valores de RP acima de 4 mega pascal (MPa), para o Podzólico Vermelho Amarelo plíntico (Argissolo) e acima de 6 MPa para o Latossolo Amarelo. As mesmas profundidades em áreas de floresta de PVAp e LA tiveram valores de RP entre 1,0 a 1,3 MPa.

Gráfico 09 – Resistência Mecânica à Penetração em Diferentes Ambientes, Classes e Profundidades dos LA e PVAp.



Nas áreas de florestas, os valores da RP para o LA e o PVAp mantiveram-se entre 1,1 e 1,5 MPa, não apresentando diferenças significativas nos 72 pontos avaliados, considerando os 18 pontos amostrais nas quatro diferentes profundidades, como demonstrado na tabela 12, a seguir.

Diferenças significativas de RP ($P > 95\%$) apresentaram-se associadas aos seus maiores valores entre as profundidades consideradas, como observados nas áreas de pastagens de LA seguida de PVAp, onde os valores de RP variaram entre 6,7 a 4,2 MPa, entre a superfície do terreno e os primeiros 10 cm de profundidade, atingindo valores máximos de 7,2 e 5,4 MPa respectivamente para os Latossolo Amarelo e o Podzólico Vermelho Amarelo plúntico aos 20 cm de profundidade, diminuindo posteriormente esses valores até a profundidade máxima verificada de 40 cm, como demonstrado no Gráfico 9 e na Tabela 12.

Tabela 12 – Teste de Tukey Aplicado à Resistência à Penetração em Diferentes Ambientes, Classes e Profundidades de Solos.

Resistência a Penetração (MPa)				
Profundidade	LA		PVAp	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 10 cm	6,6 Aab	1,4 Ba	4,2 Cab	1,1 Ba
10 a 20 cm	7,2 Aa	1,5 Ba	5,4 Ca	1,2 Ba
21 a 30 cm	5 Abc	1,5 Ba	4 Ab	1,2 Ba
31 a 40 cm	3,6 Ac	1,4 Ba	3,3 Ab	1,1 Ba

Médias em mesma linha seguida de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey. Medidas em mesma coluna seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P > 0,05$)

Considerando o manejo futuro desses solos, deve ser observado que, aos 40 cm de profundidade, os valores de RP mantiveram superiores ao índice proposto por Sene et al. (1985), de 2,5 MPa, relativo à condição limítrofe de influência do desenvolvimento radicular de algumas espécies de forrageiras. Os valores da RP confirmam as diferenças significativas registradas nos índices de densidade aparente, apresentado no Gráfico 3 e Tabela 7 (p. 62), nas profundidades entre 0 a 40 cm para o ambiente de pastagem, refletindo a atuação do pisoteamento animal nessas áreas.

4.3.3.1. SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DA RESISTÊNCIA MECÂNICA A PENETRAÇÃO DO SOLO

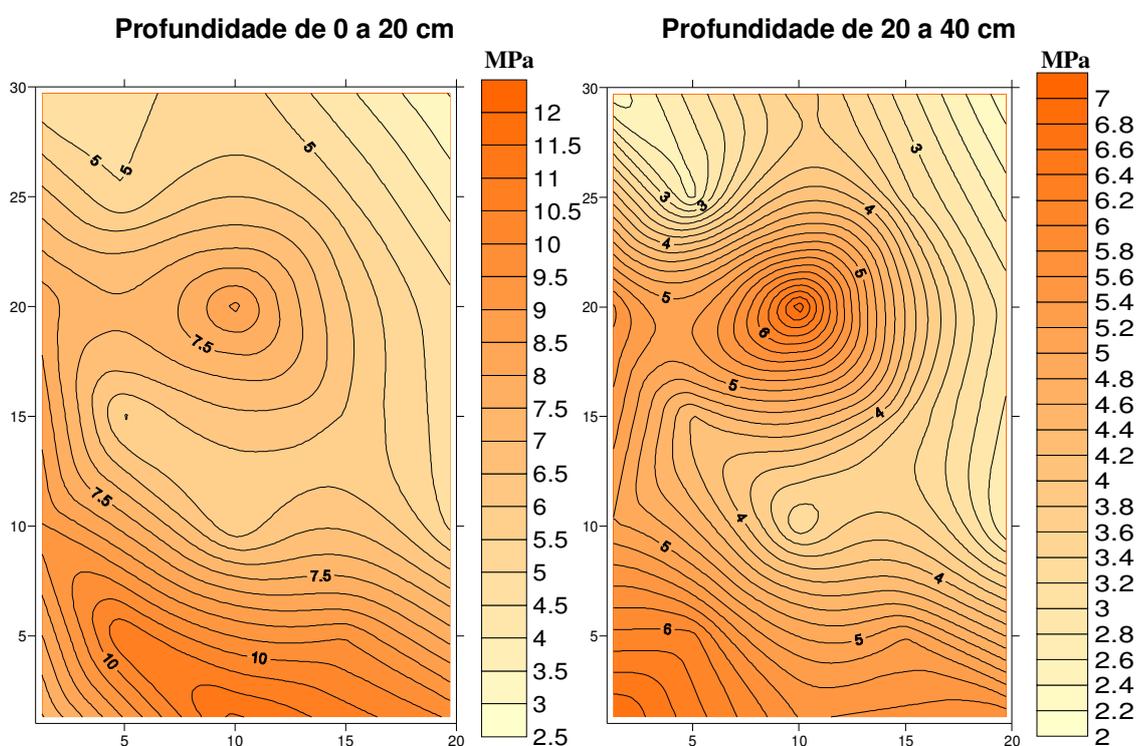
Para se verificar o comportamento da compactação nas áreas estudadas com a geração de mapas de contorno, optou-se por modelo determinístico de efeito local, no caso pela interpolação por vizinhos mais próximos, mantendo os valores da compactação medidos em diferentes profundidades sem gerar valores intermediários de interpolação dos dados, Camargo et al (2004). O uso da Krigagem foi descartado em função do número de amostras serem inferior a 30 pontos, de acordo com Landim (2000), sendo que no presente trabalho foram considerados os 18 pontos amostrais em suas duas profundidades.

As Figuras 7, 8, 9 e 10, a seguir, mostram a distribuição nas áreas experimentais e os valores da resistência mecânica à penetração (RP), em ambiente de pastagens e florestas, cuja localização foi apresentada na Figura 1, p.12, e cujos valores de compactação foram apresentados em legenda para as profundidades de 0 a 20 cm e 21 a 40 cm nas manchas de um Latossolo Amarelo e um Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico.

A Figura 7 evidencia as áreas compactadas em pastagem de Latossolo Amarelo, em que se observa maiores variações dos valores da compactação entre 0 e 20 cm de profundidade que, segundo a legenda, estão entre 2,5 a 12 MPa, sendo que, em termos de valores pontuais extremos, ocorre uma redução para 2 a 7 MPa entre 21 a 40 cm de profundidade, parecendo esta última camada uma seqüência minimizada dos efeitos da compactação exercida sobre a camada superior (0 a 20 cm).

Nesse caso, observa-se que a concentração dos maiores índices de compactação ocorre ao sul da área experimental de estudo e são demonstrados pelos valores em MPa, obtidos na mensuração da compactação do solo nas duas profundidades consideradas.

Figura 7 – Superfície de Tendência de LA em Área de Pastagem.



Os dados relativos à textura do L A nesses pontos não apresentam variações texturais expressivas que indiquem mudanças facilitadoras dos efeitos da compactação ao sul da área experimental, conforme pode ser observado no Gráfico 2 e na Tabela 3 .

A configuração da concentração dos maiores índices de RP no Latossolo Amarelo analisado ocorreu na direção sul da área experimental, fato que possivelmente esteja acontecendo devido a localização dos bebedouros de água e os cochos de alimentação, localizados a aproximadamente 60 m, ao sul da área experimental do L A, fazendo com

que haja durante a pastagem do gado, uma marcha nesta direção várias vezes ao longo do dia. Ver fotos 17 18 e 19 a seguir.

Foto 17 – Bebedouro em Área de Pastagem de L A.



Foto 18 – Cocho Coberto em Área de Pastagem de L A.



Foto 19 - Trajeto entre Bebedouro e Cocho em Área de Pastagem de L. A.



Na área de pastagem do Argissolo Vermelho (Figura 8) não ocorrem diferenças significativas entre as áreas de compactação e os seus respectivos valores, como já evidenciados na Tabela 12, p.74. As áreas mais compactadas concentram-se mais especificamente a leste e um pouco a sudoeste para as duas profundidades consideradas.

Nesse caso, foi observado que, durante parte da manhã o setor leste da área experimental do PVAp fica sombreada durante quase todo o ano, traçando divisa com uma área de floresta que promove sombreamento ao longo da mesma, fazendo com que o gado procure abrigo do sol e conseqüentemente compacte mais o solo com o pisoteio concentrado nesta área.

De forma menos abrangente, ocorre o mesmo no setor Sudoeste da área experimental no período da tarde, em função do sombreamento promovido pelas castanheiras, que são mais esparsas e afastadas da área experimental, mas que a partir das 15 horas, dado a posição do sol, suas sombras são projetadas sobre essa parte da área experimental do PVAp (ver Fotos 20 e 21 a seguir), promovendo concentração do gado e maior pisoteamento sobre as mesmas.

Figura 8 – Superfície de Tendência de PVAp em Área de Pastagem

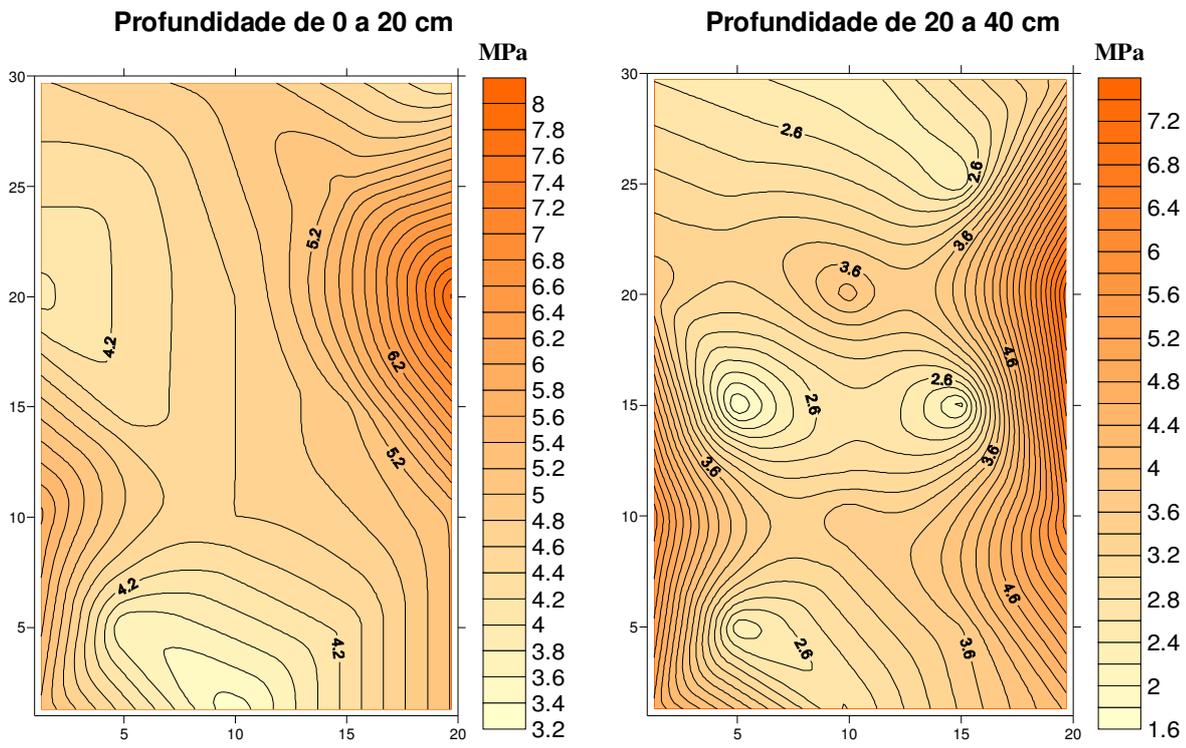


Foto 20 - Área de Sombreamento Matinal em Pasto PVAp.



Foto 21 - Área de Sombreamento Vespertino em Pasto PVAp.



Quanto às áreas de florestas dos dois solos, Figura 9 (Latosolo) e 10 (Argissolo), apresentam valores de compactação abaixo de 2,5 MPa, ou seja, sem restrição ao desenvolvimento das raízes, de acordo com Sene et al. (1985), sendo essa situação oposta às observadas em pastagens, onde valores máximos de 12 MPa para L A e 7,0 para PVAp foram registrados. Observou-se nas áreas de florestas que os índices mais altos de 2,4 MPa foram identificados no Latossolo Amarelo e de 2,1 MPa no Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico, detectados entre 21 a 40 cm de profundidade, apresentando uma situação de menor compactação que nas pastagens e em situação inversa quanto a camada mais compactada registrada.

A camada mais profunda com maiores valores de compactação sugeriu a determinação de um processo de adensamento que teria ocorrido no solo em meio florestal, conforme salientado em trabalho de Costa e Abrahão (1996). Esses autores enfatizam a necessidade de estudos específicos sobre os solos endurecidos em áreas de mata natural, sob uma ótica que não dependa das práticas de manejo.

Trabalhos anteriores de Anjos (1985) e Fonseca (1986) verificaram a formação de uma camada adensada, dos horizontes transicionais AB e/ou BA, equivalentes, e até mais profundas que às definidas no trabalho, incluindo mesmo parte dos horizontes B a esses subjacentes em Latossolos e Podzólicos, herdados do próprio sedimento que os originou, sendo a causa do adensamento a compressão causada pelo peso da camada superior.

Figura 09 – Superfície de Tendência de LA em Área de Floresta.

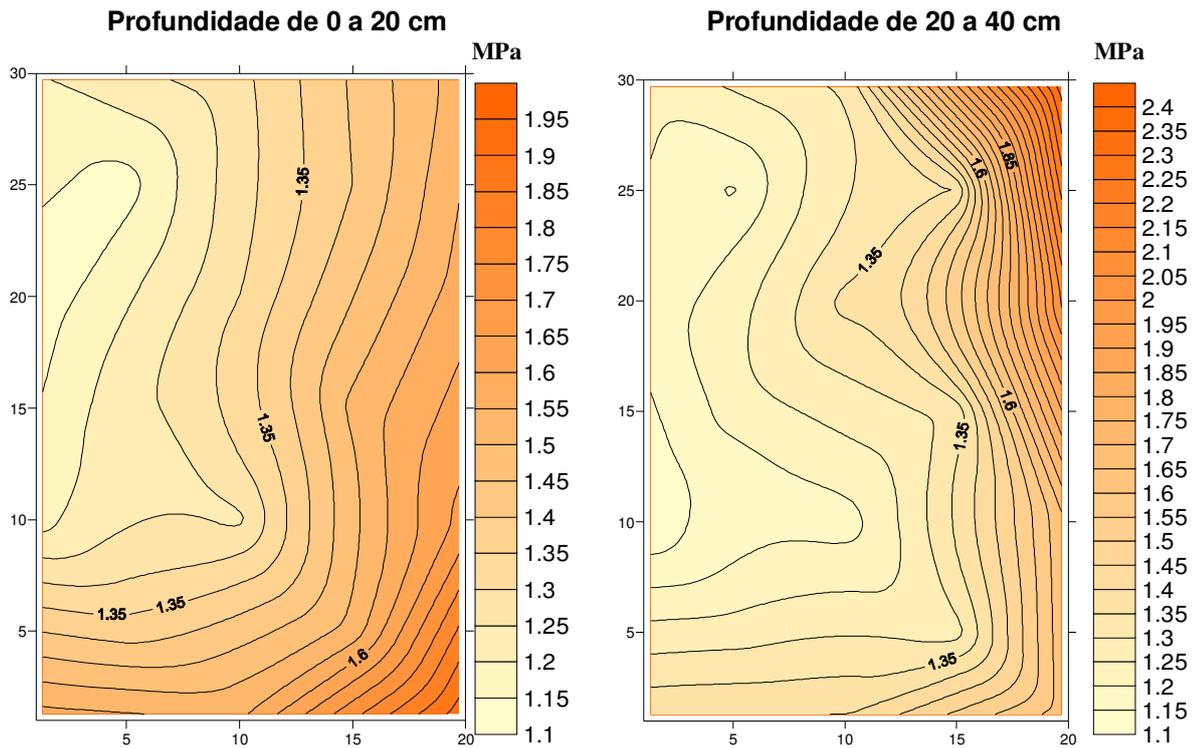
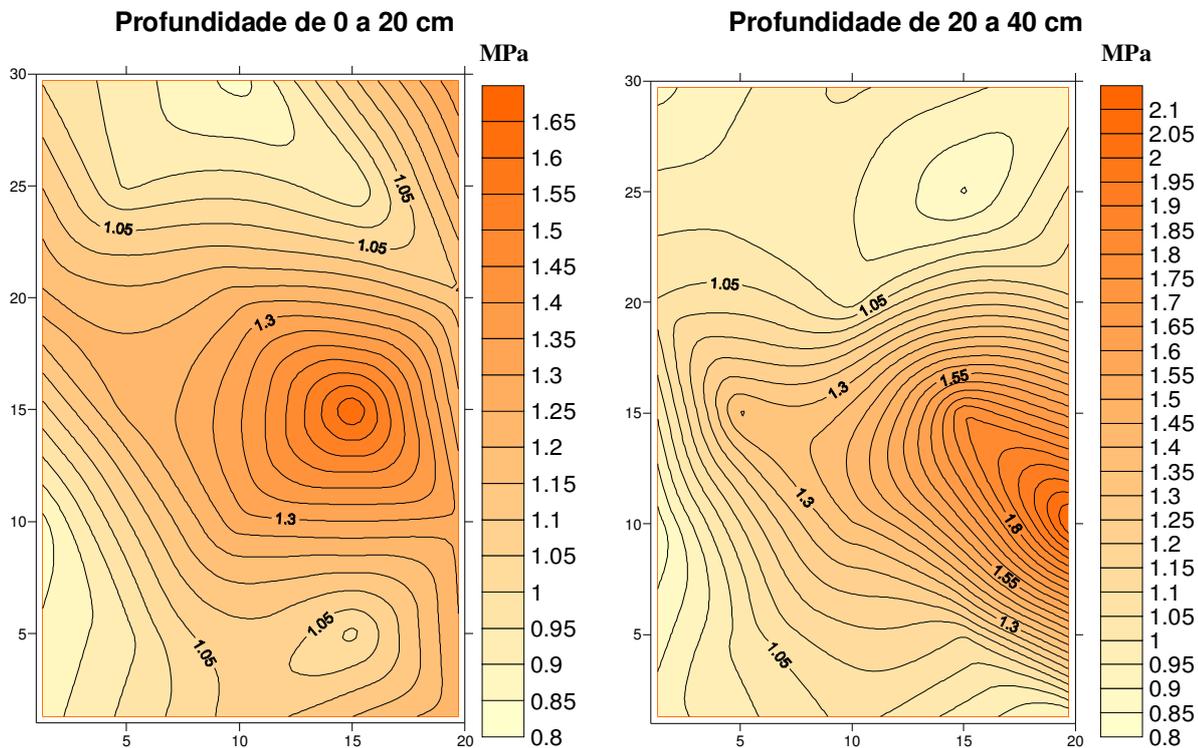


Figura 10 – Superfície de Tendência de PVAp em Área de Floresta



Oliveira et al. (1992) diz que os Latossolos Amarelos apresentam-se normalmente coesos, ficando mais endurecidos com o seu ressecamento natural principalmente nos horizontes AB ou BA. No presente trabalho, foi verificado que no caso específico das

áreas de florestas, onde a umidade do LA e a do PVAp mantiveram-se altas devido a condição de água disponível manter-se acima do limite inferior, não ocorrendo registro de pontos amostrais, abaixo desse limite, conforme demonstrado nos Gráficos 6 e 7, descartando a possibilidade de ressecamento natural, no período das medições. Com isso, a possibilidade maior é da influência do peso estático das camadas superiores dos solos nas áreas de florestas terem promovido maior adensamento entre as camadas de 21 a 40cm de profundidade, que chegaram a valores máximos de 2,1 MPa, conforme Figura 10 anterior.

4.3.3.2. CLASSES DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (RP) E AMBIENTES DOS SOLOS

O Quadro 1, abaixo, apresenta uma síntese quanto aos valores percentuais de resistência à penetração do solo (RP) observados por profundidade, estabelecendo uma classificação quanto à restrição física ao desenvolvimento radicular das plantas, a partir desses índices, expresso em mega pascal (MPa).

Quadro 1 – Limites de Classes de RP para Áreas de Floresta e Pastagem

Tipo de Solo	Uso do Solo	Classe de RP MPa	0,1 a 1	1 a 2	2 a 4	4 a 8	> 8
		Nome da Classe	Baixo	Moderado	Alta	Muito Alta	Extremamente Alta
Latosolo Amarelo	Pastagem	0 a 10 cm			11,11%	61,11%	27,78%
		11 a 20 cm		5,56%	5,56%	50,00%	38,89%
		21 a 30 cm			38,89%	50,00%	11,11%
		31 a 40 cm		5,56%	77,78%	11,11%	5,56%
	Floresta	0 a 10 cm			100,00%		
		11 a 20 cm			94,44%	5,56%	
		21 a 30 cm			94,44%	5,56%	
		31 a 40 cm	11,11%	83,33%	5,56%		
Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico	Pastagem	0 a 10 cm			55,56%	44,44%	
		11 a 20 cm			16,67%	77,78%	5,56%
		21 a 30 cm		11,11%	61,11%	27,78%	
		31 a 40 cm		27,78%	50,00%	22,22%	
	Floresta	0 a 10 cm	61,11%	38,89%			
		11 a 20 cm	33,33%	61,11%	5,56%		
		21 a 30 cm	27,78%	66,67%	5,56%		
		31 a 40 cm	61,11%	33,33%	5,56%		

Obs.1 – Considerar o limite de 2,5 MPa como forte restrição física ao crescimento radicular, com base em Sene et al. (1985).
 Obs.2 – O universo das amostras por profundidade de 10 em 10 cm, foi de 18 amostras, equivalente a 78 amostras por tipo de uso (pasto e floresta) para cada mancha de solo, LA e PVAp

Fonte:Modificado de USDA 1993

De acordo com o Quadro 1, temos os valores estabelecidos de 10 em 10 cm, até 40 cm de profundidade em área de floresta, que indicam para o L A predomínio da RP definida como baixa e moderada, sendo que 3 amostras do total de 18, cada uma equivalente a 5,56%, foram classificadas como alta no conjunto camadas entre 11 a 40 cm de profundidade, o mesmo acontecendo para área de floresta em PVAp.

Os índices de classificação de resistência à penetração (RP), identificados como baixo a moderado em área de floresta no PVAp, foram superiores em número de amostras por profundidade aos encontrados no L A. Para o Latossolo Amarelo, a classificação de baixo a moderado entre a camada de 31 a 40 cm de profundidade totalizou mais que 94,44% das amostras. As demais, entre 0 a 30 cm, foram classificadas como moderada em até 100% dos pontos amostrados, como se observa na camada entre 0 a 10 cm. Comparativamente, temos que a floresta do Latossolo Amarelo é mais compactada em um nível moderado do que a do Argissolo Vermelho Amarelo Pliúntico.

Na área de floresta do L A e do PVAp, foram encontradas 3 amostras associadas a diferentes profundidades de 11 a 20; 21 a 30 e 31 – 40cm, com índice de classe de RP definido como alto, ou considerado restritivo ao crescimento radicular, segundo Sene et al.(1985). Observa-se que essa classificação foi definida a partir de um total de 18 amostras para cada profundidade registrada, sendo que somente uma amostra em cada uma das profundidades, exceto a camada entre 0 e 10 cm obtiveram classificação de RP alta (ver Quadro 1), os demais 95% das amostras em área de floresta tiveram a RP classificada como moderada ou baixa, sendo de 100% os valores de L A em superfície (0 a 10 cm), definidos como moderado. Para o PVAp, 39% das amostras foram definidas como moderadas e 61% como baixas.

O resultado da classificação de moderado a baixo na RP para a camada de 0 a 10 cm de profundidade em floresta de ambos os solos não ultrapassou o valor de 2 MPa, sendo menor que o limite crítico de 2,5 MPa estabelecido por Sene et al. (1985), não havendo restrições promovidas pela possível compactação por adensamento, considerando os ambientes de florestas.

Os valores mais baixos encontrados podem estar associados ao alto índice de matéria orgânica encontrado nos ambientes de florestas de L A e PVAp. Pelas Tabelas 4 e 6 observam-se valores médios entre 17,1 a 35,0 g/Kg de matéria orgânica, que são, segundo o Apêndice E, superiores aos encontrados nas áreas de pastagens onde a

média da matéria orgânica, classificada como baixa, tem índices iguais ou menores a 17,1g/Kg.

Em Magalhães et al. (2005), observa-se, após análise da relação entre RP e variáveis como matéria orgânica, textura do solo e teor de água, que:

Nos locais com maior teor de água e matéria orgânica, mesmo apresentando textura mais fina, o solo apresentou menor resistência à penetração. A interação entre textura do solo e teor de matéria orgânica pode minimizar os efeitos da compactação em solos de textura mais fina.

Six et al. (2005) relata que, através da estabilização bioquímica e estabilização por associação com argila e silte, a matéria orgânica pode ser fixada em solos mais argilosos, refletindo na diminuição do potencial de compactação.

Tais afirmações colaboram no entendimento dos resultados classificados como baixo e moderado, obtido na RP entre a camada de 0 a 10 cm em floresta de L A e PVAp. Na camada de 0 a 20 cm das Tabelas 4 e 6, analisadas, anteriormente, encontra-se os maiores valores de matéria orgânica, que se associam à condição de textura dos solos predominantemente argilosa para o L A, e argilosa/argilo-siltosa para PVAp. As condições de umidade registradas de “solo úmido” e “solo molhado”, segundo Kiehl (1979), apresentadas nos Gráficos 6 e 7, associam-se aos parâmetros anteriores no sentido de minimizar o efeito da RP, chegando a ponto de não ser registrada nenhuma amostra classificada como alta entre 0 e 10 cm em áreas de floresta.

O mesmo não acontece com as demais profundidades, onde vemos a ocorrência de RP classificadas entre 2 e 4 MPa, ou seja alta, registrando-se apenas uma única amostra em cada uma das profundidades entre 11 a 40 cm. Atribuímos essa classificação de RP alta em floresta, a possível interferência da trama de raízes pequenas a médias nessas profundidades em que a ponta do penetrômetro não tenha conseguido romper a mesma em um único golpe. Forma-se localmente uma pequena resistência diferenciada, uma vez que fatores como umidade, porosidade e textura foram muito similares às encontradas entre 0 a 10 cm, com exceção dos índices de matéria orgânica que foram menores.

As áreas de pastagem assinalam diferenças significativas entre 0 e 20 cm e não nas demais profundidades (21 a 40 cm), conforme observado na Tabela 12, apresentando um índice de classificação de RP para o L A que varia entre muito alto a extremamente alto em mais de 80% das amostras entre 0 e 20cm de profundidade. Cai posteriormente

para 66%, entre 21 a 30 cm e 16 % entre 31 a 40 cm, evidenciando o efeito minimizante do pisoteio de gado com a profundidade do solo nas áreas degradadas de pastejo em Latossolo Amarelo.

Verificando os Gráficos 3 e 4, p.62 e 65, encontra-se valores máximos da densidade aparente, acima de 1,58 g/cm³ e porosidade total abaixo de 35% para o L A, confirmando o aumento da densidade e a maior compactação nas camadas superficiais em área de pastejo intensivo, conforme relatado nos trabalhos de Muller et al. (2001), Moraes et al. (1998). As amostras de PVAp obtiveram índice de RP muito alto, só atingindo extremamente alto, em uma única amostra entre 11 e 20cm.

Os valores de menor índice de RP encontrados no Argissolo (PVAp) retratam os índices de densidade aparente e porosidade, vistos nos Gráficos 3 e 4, que, comparativamente, foram inferiores, com densidade média de 1,37 e superiores com porosidade média de 44%, aos valores do Latossolo (L A). A área de PVAp teve seu uso muito reduzido, com formação de vegetação de uma capoeira rala, evidenciada na Foto 4, contribuindo possivelmente para o aumento médio da matéria orgânica determinada entre 0 e 20 cm de profundidade, com 15,4g/Kg, resultando num aumento de 2,11g/Kg a mais que a média da pastagem do L A, que foi de 13,3 g/kg, conforme registrado na Tabela 14.

Os maiores índices de densidade, porosidade e umidade, ocorridos na área do PVAp, em relação ao L A foram demonstrados nos Gráficos 3, 4 e 5, e em suas respectivas Tabelas 7, 8 e 9, cujos resultados das melhorias dos indicadores físicos, citados e do aumento da matéria orgânica, se assemelham aos resultados obtidos por Figueiredo et al. (1998). O autor mostra em seu trabalho, que em áreas de plantio direto e de preparo conservacionista do solo, ocorre uma tendência à redução da densidade aparente e aumento da umidade, em função dos maiores teores da matéria orgânica produzida por estes sistemas de manejos.

O aporte da vegetação desenvolvida no PVAp nos últimos 3 anos contribuiu para o maior acúmulo da serrapilheira no solo, refletindo possivelmente no aumento da matéria orgânica e nos índices da densidade aparente do mesmo, em relação à área de pastagem do Latossolo Amarelo.

Baseado em Falesi (1976), deve-se associar ainda a essa área os efeitos das cinzas, em função da queimada acidental ocorrida na área do Argissolo, há aproximadamente 6 anos, promovendo, apesar do tempo e da lixiviação atuante, um

aumento residual detectado nos índices de soma das bases (valor $S = 19$) e da fertilidade natural do solo (valor $V\% = 15,9$), que são superiores aos resultados da pastagem do Latossolo Amarelo, com valor $S = 9,8$ e $V\% = 8,5$, de acordo com as Tabelas 17 e 18, p. 113 e 122, independente do fato de que ambos os solos, sejam álicos e consequentemente distróficos.

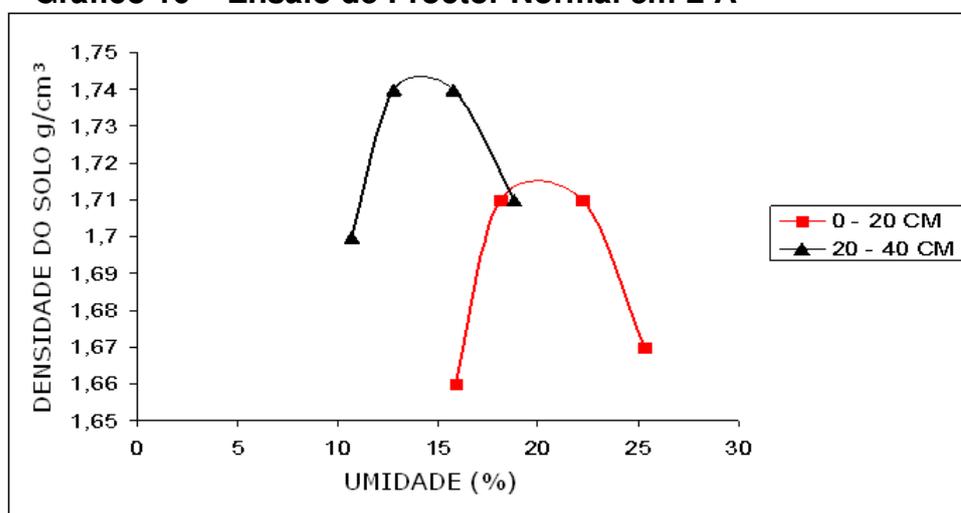
4.3.4. PROCTOR NORMAL

Não existe uma padronização metodológica que deva ser utilizada para se prever a compactação dos solos. O estudo da compactação, de acordo com Dias Junior e Pierce (1996), pode ser bem avaliado, permitindo o uso de modelagem associado a resultados do ensaio de Proctor Normal, método já consagrado em Geotecnia e em Engenharia Civil, mas de pouca freqüência de uso em estudos agrícolas, segundo Figueiredo (1998).

O Ensaio de Proctor é utilizado para o cálculo da estabilidade de construções e estradas na área de Geotecnia, segundo Vargas (1978) e mais, recentemente, tem sido utilizado para determinar a densidade máxima em solos agrícolas, de acordo com Weirich Neto (2002), obtendo-se a curva de compactação do solo.

Os Gráficos 10 e 11 mostram os resultados do ensaio de Proctor Normal, realizado respectivamente para a mancha do Latossolo Amarelo e do Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico, em áreas de pastagens entre 0 e 20 e 21 e 40 cm de profundidade. De acordo com Vargas (1978), a energia de compactação, proporcionada pelo ensaio de Proctor Normal, equivale a passagem doze vezes de um rolo tipo pé da carneiro leve, de 5 a 7 toneladas, sobre uma camada de 30 cm de espessura.

Gráfico 10 – Ensaio de Proctor Normal em L A

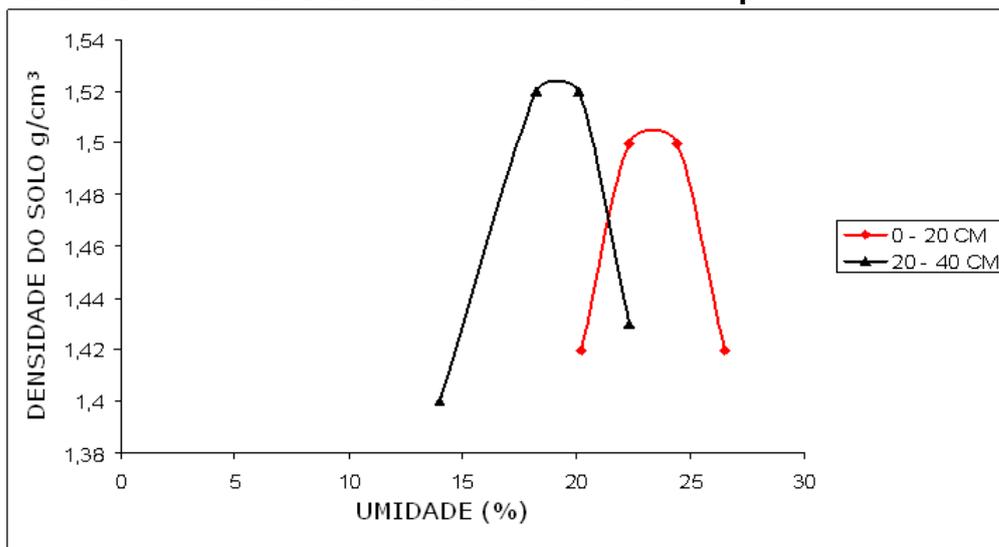


A umidade ótima atingida no gráfico anterior pelas amostras de Latossolos Amarelo, entre 0 e 20 cm e 21 e 40 cm de profundidade, correspondem a uma densidade máxima do solo após ser compactado. Os resultados observados nas duas profundidades indicaram valores de densidade máxima nas amostras obtidas entre as camadas de 21 a 40 cm de profundidade.

No Latossolo Amarelo com textura argilosa, o Gráfico 10 mostra valores de densidade de $1,71 \text{ g/cm}^3$ entre 0 a 20cm e $1,74 \text{ g/cm}^3$ entre 21 a 40 cm, sendo os valores da umidade ótima respectivamente de 20,6 e 14,8%. No Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico (Gráfico 11), os valores encontrados foram de $1,51 \text{ g/cm}^3$ entre 0 a 20 cm de profundidade, com 23,6 % de umidade ótima determinada e de $1,54 \text{ g/cm}^3$ entre 21 a 40 cm com 19,8% de umidade.

Ocorreu um aumento da umidade de uma camada em relação a outra, proporcionando uma diminuição da densidade do solo. As camadas mais profundas entre 20 a 40 cm apresentam valores de umidade inferiores aos da camada de superfície, sendo que a classificação textural de ambas foi definida como argilosa com pequeno aumento de argila nas camadas subsuperficiais, o mesmo ocorrendo com a matéria orgânica. O aumento dos valores de umidade nas amostras de superfície (entre 0 a 20 cm), considerando a profundidade máxima de 40 cm em que se efetuaram as amostragens, estão possivelmente associadas ao aumento dos teores de matéria orgânica das camadas superficiais, como foi verificado comparativamente no trabalho de Aragón et al. (2000). Os valores médios de argila e de matéria orgânica foram respectivamente de 443,5 g/ Kg e 12,55% (0 a 20cm), 460,2 g/Kg e 8,0% (21 a 40cm) para o Latossolo Amarelo, e de 435,7 g/Kg e 15,42 % (0 a 20cm) e 441,8 g/Kg e 11,56% (20 a 40cm) para o Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico.

Ocorre uma redução da matéria orgânica um pequeno aumento da argila com a profundidade. O trabalho de Camargo e Alleoni (1997) mostra que a interação entre textura do solo e teor de matéria orgânica pode minimizar os efeitos da compactação em solos de classe textural mais fina. Tal observação é compatível com os resultados de LA e PVAp, dos dados texturais aqui observados nas amostras, onde predomina a textura fina (ver Gráfico 2). A matéria orgânica existente da superfície até os 40 cm de profundidade foi classificada como baixa e média, sendo essa última classe associada predominantemente às amostras de superfície, conforme observado nas Tabelas 3, 4, 5, e 6, p. 57,58,59 e 60.

Gráfico 11 – Ensaio de Proctor Normal em PVAp

Para os dois solos estudados, observa-se que o aumento de umidade fez com que decrescesse o índice de resistência do solo. Conforme salientado em Vargas (1978), “qualquer índice de resistência de um solo decresce com o aumento de umidade”, sendo o que ocorreu nas amostras de profundidade entre 0 a 20 cm, ou seja, amostras de superfície com mais matéria orgânica. Camargo e Alleoni (2006), em observação ao trabalho de Fernandez-Medina (1997), em um Latossolo Amarelo argiloso de uma área compactada na Amazônia, chamam a atenção para o efeito do teor da matéria orgânica, influenciando no limite da plasticidade dos solos de forma a dificultar o aumento da sua densidade, “mesmo após o trânsito de máquinas e implementos pesados”. Considerando a densidade aparente como medida de avaliação do efeito da compactação no solo, tem-se que nas camadas inferiores, aqui representadas a partir dos 20 cm até os 40 cm de profundidade, a compactação promovida pelo Ensaio de Proctor foi mais eficiente.

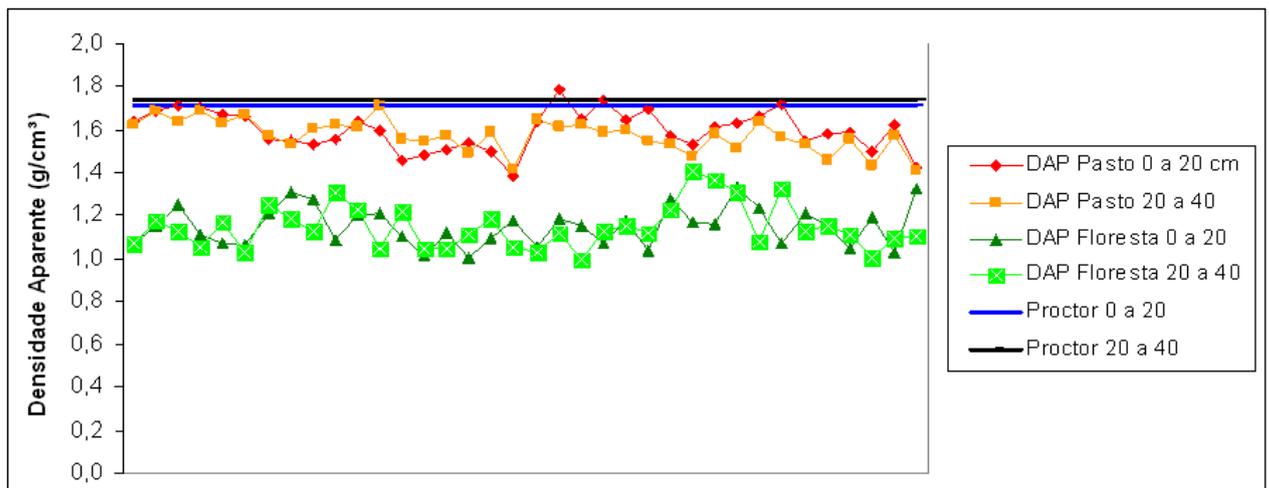
O trabalho de Ball et al. (2000) justifica tais resultados obtidos, quando afirma que quanto maior o teor de matéria orgânica no solo menor o valor da densidade máxima atingida, e mais água é necessária para atingi-lo, (ver a linha vermelha referente às amostras entre 0 a 20 cm de profundidade nos Gráficos 10 e 11). O referido autor salienta que a influência da matéria orgânica do solo sobre a capacidade de dissipar energia aplicada sobre este, se associa a diferentes fatores como o fornecimento de substâncias agregantes que tornam a bioestrutura do solo mais estável à ação da água, aumentando sua coesão.

No aumento da coesão entre as partículas do solo, a matéria orgânica, que tem baixa densidade, atua de forma a diminuir a densidade do material, de acordo com Zhang

et al. (1997); Primavesi (1981). Essas relações foram comuns às situações encontradas para os dados apresentados nos gráficos de Proctor Normal das áreas de Latossolo Amarelo e de Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico, devendo-se observar a profundidade das amostras analisadas.

Os gráficos 12 e 13 representam em linha contínuas (preta e azul) os valores da densidade máxima (DMAX) obtidas pelo Ensaio de Proctor Normal, referente às manchas do Latossolo Amarelo e do Argissolo Vermelho Amarelo Plíntico, nas profundidades, definidas de 0 a 20 cm e de 21 a 40 cm. Os pontos evidenciados nas linhas curvas, em tons de verde e vermelho, representam a densidade aparente das amostras indeformadas obtidas em campo nas profundidades entre 0 a 40 cm, para os mesmos solos nas áreas de pastagens e de floresta.

Gráfico 12 - Relação da Densidade Máxima Obtida pelo Ensaio de Proctor Normal e as Densidades Registradas em Área de Pastagem e Floresta de LA.

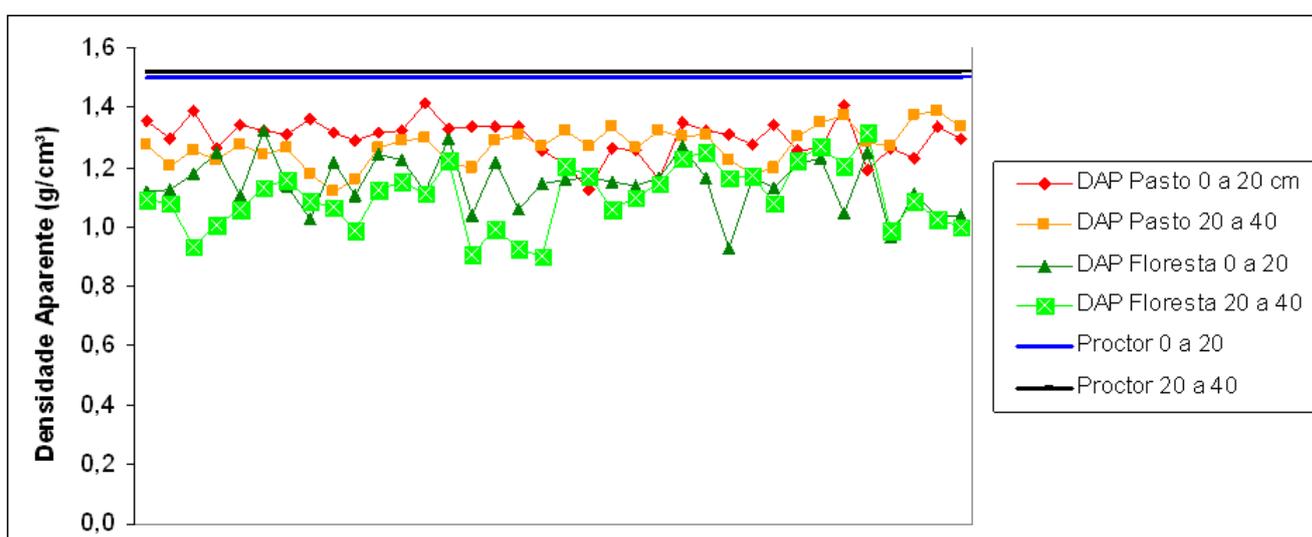


Para Silva et al (1997), a relação estabelecida entre a densidade obtida em campo e a máxima determinada pelo Ensaio de Proctor, caracteriza a compactação existente no solo. A densidade máxima do solo é o estado de maior adensamento resultante do valor de densidade, obtida pelo Ensaio de Proctor Normal, segundo Carter (1990).

O Ensaio de Proctor é uma alternativa para avaliar a suscetibilidade do solo à compactação. Ele pode ser usado para avaliar a densidade máxima de diferentes solos, segundo Mentges et al. (2007). A cada valor determinado da densidade obtida, temos uma situação de umidade sob uma dada energia de compactação. A umidade ótima obtida pelo Ensaio de Proctor corresponde a um valor definido como densidade máxima do solo atingida pela compactação.

Observa-se no Gráfico 12 que o Latossolo Amarelo apresenta um total de 144 amostras relativas a densidade aparente medidas em áreas de pastagem e floresta, demonstradas no Apêndice A, apenas 9 delas ou 6,2% do total apresentam valores iguais ou superiores aos da densidade máxima estabelecida para as profundidades de 0 a 20 cm ($1,71 \text{ g/cm}^3$) e para 21 a 40 cm ($1,74 \text{ g/cm}^3$). Esses resultados foram obtidos pelo Ensaio de Proctor Normal, sendo que essas amostras estariam associadas à condição de compactação observada no campo para o Latossolo Amarelo, em pastagem.

Gráfico 13 - Relação da Densidade Máxima Obtida pelo Ensaio de Proctor Normal e as Densidades Registradas em Pastagem e Floresta de PVAp



No Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico-PVAp (Gráfico 13), 100% das 144 amostras de densidade aparente obtidas em campo, tanto em área de pastagem como em floresta, não atingiram os valores de densidade máxima estabelecidos pelo ensaio de Proctor Normal, que determinou para a profundidade de 0 a 20 cm a DMAX de $1,51 \text{ g/cm}^3$ e para 21 a 40 cm, o valor de $1,54 \text{ g/cm}^3$. A variabilidade da umidade no solo observada no Apêndice D, indica predomínio de valores de umidade das amostras de campo, tanto no ambiente de pastagem como no de floresta, superiores aos valores ótimos de umidade determinados pelo Ensaio de Proctor nos dois solos analisados.

As áreas de floresta foram as de melhores resultados frente à relação densidade aparente dos solos e umidade em relação a densidade máxima de Proctor, sendo esses resultados mais baixos que os obtidos na pastagem, mesmo no caso do L A, onde verificou-se valores de densidade aparente acima de $1,3 \text{ g/cm}^3$. Nesse caso, deve-se ressaltar a observação de Costa & Abrahão (1996), sobre o endurecimento de solos

mesmo sob mata natural, fato que ocorreria independente das práticas de manejo e que podem se agravar em função de uso determinado.

Os Gráficos 14, 15, 16 e 17, a seguir, configuram as curvas de compactação do Ensaio de Proctor Normal para as diferentes profundidades determinadas no LA e PVAp, com o incremento de seus valores de umidade e densidade, incluindo os pontos máximos obtidos no ensaio, onde foram definidas as equações de regressão do tipo polinomial de 2º grau, conforme o melhor ajuste dos dados dispostos no gráfico de dispersão, segundo critério de Laponi (2005).

Gráfico 14 – Curva de Compactação em LA entre 0 a 20 cm.

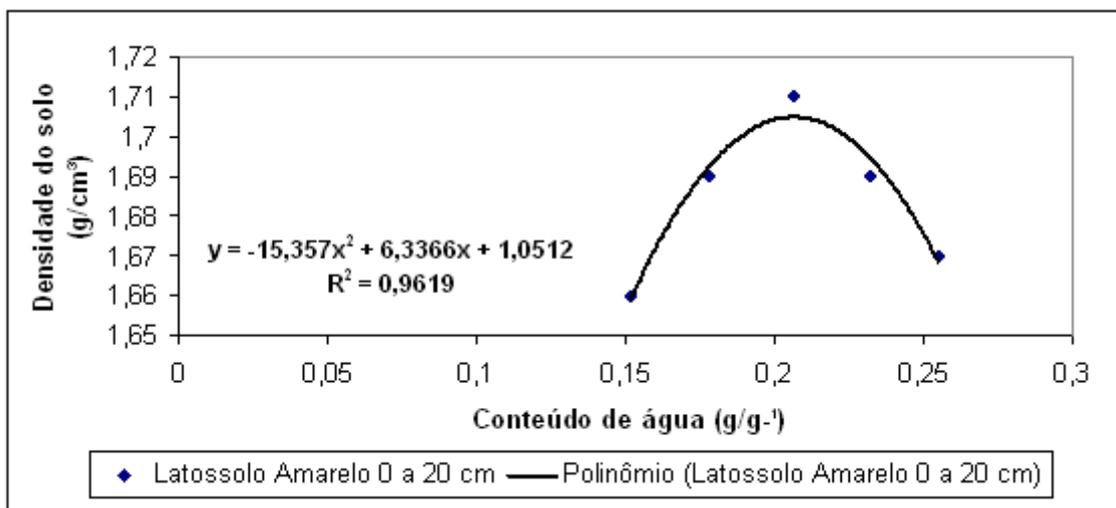


Gráfico 15 – Curva de Compactação em LA entre 20 a 40 cm.

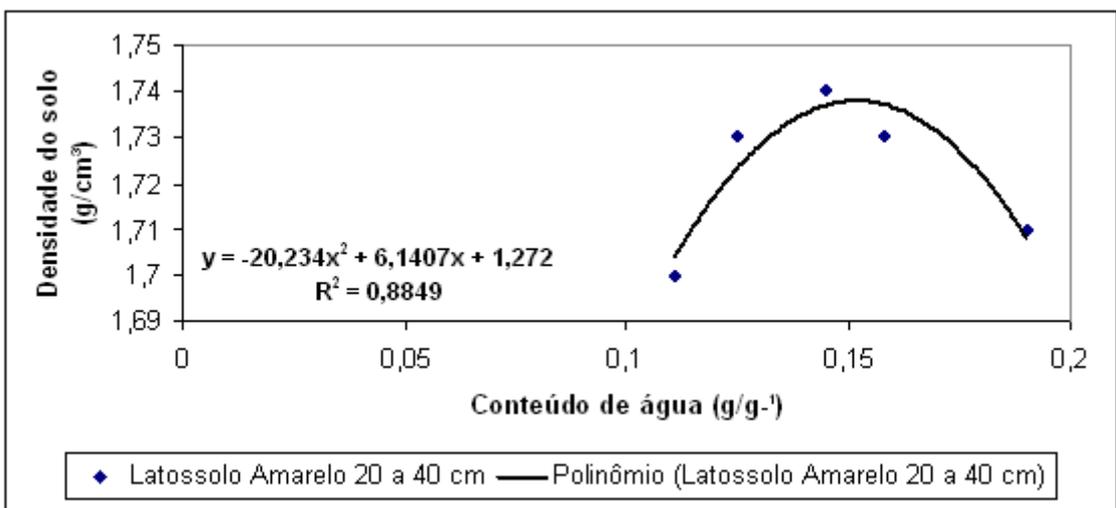
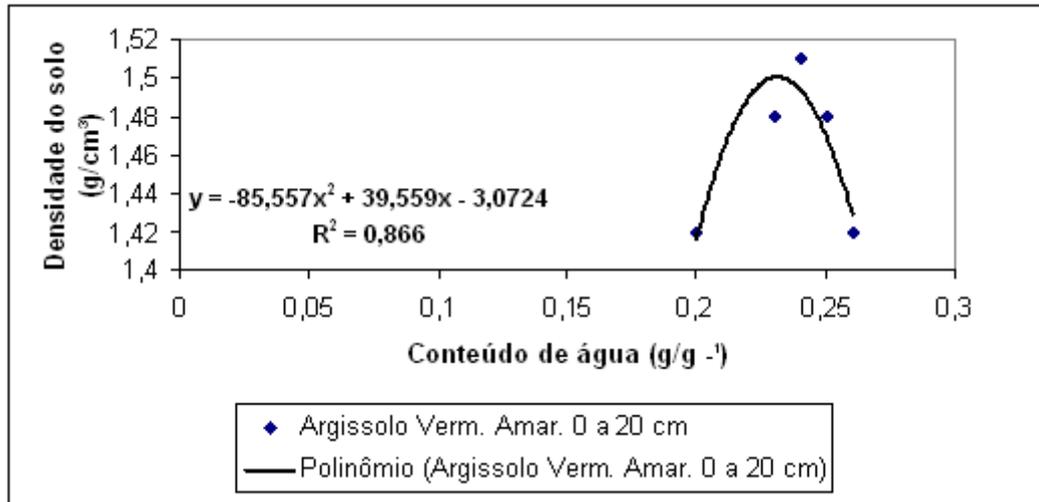
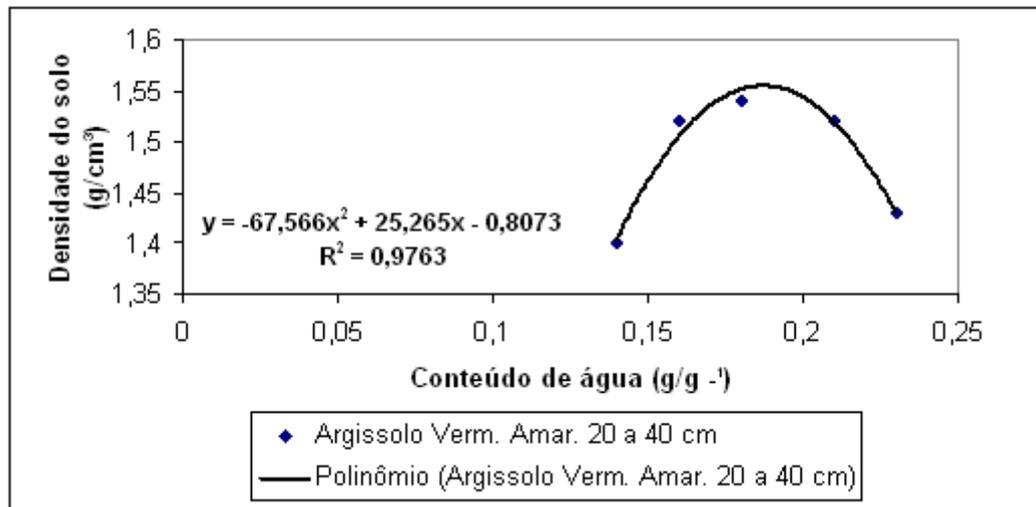


Gráfico 16 – Curva de Compactação PVAp entre 0 a 20 cm.**Gráfico 17 – Curva de Compactação PVAp entre 20 a 40 cm.**

O melhor ajuste das curvas referente ao Ensaio de Proctor foi obtido para o Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico com valores de R^2 de 0,86 entre 0 a 20 cm e de 0,97 entre 21 a 40 cm de profundidade; os valores de ajuste para o Latossolos Amarelo (LA), foram de 0,96, entre 0 a 20 cm e de 0,88, entre 21 a 40cm.

Os solos apresentaram valores maiores de conteúdo de água onde a densidade aparente determinada foi máxima para o Ensaio de Proctor Normal, concordando com os resultados observados em trabalho de Weirich Neto et al. (2002), no que se refere às curvas do Latossolo, dado que os seus maiores valores de conteúdo de água ocorreram onde a densidade aparente foi máxima no Ensaio de Proctor.

Comparativamente o L A apresentou resultados de densidade máxima (DMAX), nas duas profundidades 0 a 20cm e 21 a 40 cm (1,71 e 1,74 g/cm³) superiores aos do PVAp (1,51 e 1,54 g/cm³), confirmando que os valores médios de densidade aparente e umidade em pastagem entre 0 a 40 cm de profundidade foram maiores e diferentes significativamente (Tukey <0,05%), que os de PVAp (ver Tabelas 7 e 9, p. 62 e 67).

A DMAX para PVAp foi menor, como a densidade média entre 0 e 40 cm de profundidade, de 1,28 g/cm³, sendo a do L A de 1,58 g/cm³. A matéria orgânica de ambos os solos foi classificada como baixa, sendo a do PVAp maior que o L A, conforme demonstrado na Tabela 18, p.122. As relações estabelecidas pelo Ensaio de Proctor evidenciaram que a densidade máxima (DMAX), para as duas profundidades do L A foram maiores que a do PVAp, sendo a umidade ótima do L A menor que a do PVAp. Esses resultados corroboram os trabalhos de Zhang et al. (1997) e Ball et al. (2000), quanto à relação dos efeitos do maior índice de matéria orgânica do solo, com a tendência da redução dos valores de densidade máxima.

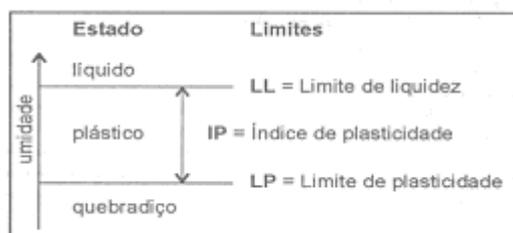
4.3.5. LIMITES DE ATTERBERG

A compactação do solo na pastagem é promovida pelo pisoteio animal, e ocorre em função de inúmeros fatores dentre os quais se destacam, a umidade mais elevada do solo, a alta carga de animais em pastejo, o ciclo de umedecimento e secamento, falta de cobertura morta e os solos de textura argilosa, conforme observado em Costa (2006), Camargo e Alleoni, (1997, 2006).

A umidade é considerada um dos fatores preponderantes na susceptibilidade do solo à compactação, segundo Soane (1990), Klein et al. (1998) e Bentler e Centurion (2003). O trabalho de Larson et al. (2000), propõe uma avaliação qualitativa, para classificar algumas propriedades do solo, com base nas mudanças do estado de consistência que é função da umidade.

A classificação, proposta por Larson et al. (2000), está incluída no percentual das amostras de umidade do solo conforme a cor determinada, levando-se em consideração a profundidade, o tipo e o uso do solo.

Figura 11 – Definição dos Limites de Atterberg



Fonte : Pinto (2002)

Os valores determinados pelo Ensaio de Atterberg, que caracteriza a consistência dos solos, apresentaram os seguintes resultados para a mancha do LA e PVAp.

Quadro 2 – Limites de Atterberg dos Solos Estudados

Solo/Profundidade	LL (%)	LP (%)	IP
L A - 0 a 20 cm	38,8	31,5	7,3
L A - 20 a 40 cm	48,0	33,3	14,7
PVAp - 0 a 20 cm	42,8	28,3	14,5
PVAp - 20 a 40 cm	38,8	23,2	15,6

Os índices acima, estão separando estados da umidade dos solos, cujos valores serão utilizados em uma classificação qualitativa da capacidade de suporte de carga e da resistência à compressão para o LA e para o PVAp, considerando-se a base dos valores de umidade do campo descrita no apêndice D.

Quadro 3 - Classificação Qualitativa da Capacidade de Suporte e Resistência à Compressão de acordo com a Umidade.

Tipo de solo	Uso do solo	Profundidade	Classificação		
			LP		LL
			Semi sólido	Plástico	Líquido
Latossolo Amarelo	Pasto	0 a 20 cm	100%		
		20 a 40 cm	97,22%	2,78%	
	Floresta	0 a 20 cm	72,23%	19,44%	8,33%
		20 a 40 cm	47,22%	52,78%	
Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico	Pasto	0 a 20 cm	13,89%	86,11%	
		20 a 40 cm		94,44%	5,56%
	Floresta	0 a 20 cm		55,55%	44,45%
		20 a 40 cm		19,44%	80,56%

Fonte: Modificado de Larson et al. (2000). Capacidade de suporte de carga – **Alta a moderada; Baixa; Muito Baixa.** Resistência a compressão – **Alta; Moderada; Baixa.**

O estado de umidade semi-sólido do Latossolo Amarelo, entre 0 a 20 cm de profundidade na pastagem apresenta 100% das suas amostras em condições de alta a moderada capacidade de suporte de carga e alta resistência à compressão. Esse percentual cai para 97,22 entre 21 a 40 cm, criando uma condição mínima de umidade diferenciada. Na área de floresta do L A, as amostras de umidade, classificadas como alta a moderada para suporte de carga e alta resistência à compressão, estão predominantemente em superfície, com 72,23%, caindo para 47,22% com a profundidade entre 21 a 40 cm.

No PVAp, a classificação de alta a moderada, envolve somente 13,89% das amostras entre 0 a 20 cm de profundidade em área de pasto, o restante dos 86,11% e os 94,44% entre 20 a 40cm foram classificados como baixa capacidade de suporte de carga e moderada resistência à compressão para um estado plástico de umidade, equivalente ao LL.

Observa-se que na fase de umidade superiores ao LL%, somente 8,33% das amostras de solos atingiram esta situação em área de floresta de Latossolo Amarelo. Nos Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico, esses valores chegaram a 44,45% das amostras entre 0 - 20 cm, aumentando para 80,56% entre 20 - 40 cm, evidenciando uma condição de umidade no solo, classificada como muito baixa quanto ao suporte de carga e baixa para resistência a compressão, de acordo com Larson et al. (2000).

A capacidade de suporte de carga e resistência a compressão em floresta de PVAp entre 0 a 20cm, possui 55,55% de suas amostras, classificadas como baixa e moderada respectivamente. Entre a profundidade 20 a 40cm 80,56% das amostras tiveram sua capacidade de suporte de carga classificada como muito baixa e resistência a compressão baixa.

Em solos com textura argilosa, como os analisados, a umidade elevada tende a torná-los plásticos e, conseqüentemente, mais favoráveis a compressão, se sujeitos ao uso de equipamentos agrícolas ou pisoteio animal, promovendo o aumento da densidade aparente do solo, como observado por Correa & Reichardt (1995)

A condição da umidade semi – sólido (LP%), obtida nas amostras indeformadas de Latossolo Amarelo, identifica uma situação de capacidade de suporte e resistência a compressão predominantemente alta em área de pastagem com 100% e 97% das amostras, caindo para índices de 70% e 40% em área de floresta. A classificação da

umidade (semi-sólido), nesse caso, indicou uma condição de compactação elevada instalada na pastagem, enquanto, em floresta, os índices foram menores.

Os valores de IP% variaram para ambos os solos, segundo Kiehl (1979), de fracamente plástico com IP% inferior a 7, a mediamente plástico com IP% entre 7 a 15. Ocorrendo uma única classificação definida como altamente plástica, ou IP% maior que 15, para amostra de PVAp entre 20 a 40 cm. Os valores de IP% entre 5 a 15 são correspondentes comparativamente às areias argilosas variegadas de São Paulo, segundo Pinto (2002).

As variações do Limite de Liquidez entre 35% a 79%, como as verificadas no Quadro 2, caracterizam, segundo Souza (1984), solos classificados como Latossolos nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. A variação percentual estabelecida pelo autor estaria associada a maiores ou menores teores de silte e/ou areia fina nas amostras.

Essa classificação genérica de Souza (1984), a partir dos resultados obtidos no Quadro 2, identifica assertivamente um dos solos analisados, no caso o Latossolo. Não ocorrendo o mesmo para o outro solo, que, de acordo com o mapa de solos do campo experimental da Embrapa/PVH, (figura 5, p.33), foi definido como um Podzólico Vermelho Amarelo Álico Plíntico com textura argilosa, sendo ambos L A e PVAp desenvolvidos sobre áreas de superfície de aplainamento com cotas altimétricas inferiores a 300 m, associada a uma cobertura sedimentar indiferenciada, segundo Kux et al. (1979) e Scandolara (1990).

Nas avaliações das descrições morfológicas realizadas em campo, os solos da área de L A foram descritos como argilosos e plásticos, devendo - se ressaltar a presença de variações texturais encontradas em algumas amostras classificadas como de franco argilosa. As amostras de PVAp foram também definidas como argilosas e plásticas, ocorrendo variações para textura argilo siltosa, conforme demonstrado nas Tabelas 5 e 6. Kiehl (1979), Vargas (1978), associam o aumento dos valores de LL% e LP% ao incremento de teores de argila ao solo, sendo que o LL% sofreria um acréscimo proporcionalmente maior. Nos resultados observados, as amostras de Latossolo Amarelo e do Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico, apesar da diminuição registrada para LL% e IP% no Argissolo, foram verificadas que em mais de 90% delas os valores de argila foram mais elevados, aumentando com a profundidade (21 a 40 cm), conforme demonstrado nas Tabelas 5 e 6, p. 59 e 60, ocorrendo paralelamente a esse aumento uma redução dos índices de matéria orgânica.

Os resultados de LL% para as amostras de Latossolo Amarelo, evidenciam o aumento deste com a profundidade das amostras, com valores de 38,8% em superfície passando para 48,0% em subsuperfície. No Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico, a situação é inversa, com LL% de 42% em superfície, passando para 38% entre 21 a 40 cm. Para os dois casos, ocorre aumento de argila de superfície para subsuperfície juntamente com uma redução da matéria orgânica, sendo que no Argissolo os índices médios da matéria orgânica foram superiores aos do Latossolo Amarelo.

No estado de umidade relativo ao Limite de Liquidez (LL%) os filmes de água ocupam a maioria dos espaços porosos do solo. Em solos saturados ou encharcados, todo o espaço poroso estará preenchido pela água segundo Lepsch (1976), Jarbas et al (2002). Por sua vez quando temos aumento da compactação, ocorre uma diminuição linear da porosidade total de acordo com Borges et al. (1999), e conseqüentemente uma redução da umidade. A condição de umidade observada, variando com tipo do solo e profundidade, podem demonstrar segundo Pinto (2000), que os altos valores do Limite de Liquidez possuem uma maior capacidade de compressibilidade no solo.

4.3.6. AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA

O processo da compactação refere-se à compressão do solo não saturado, durante a qual ocorre um aumento da densidade, em conseqüência da redução de volume pela expulsão do ar, segundo Dias Junior e Pirece (1996). A intensidade de tal processo está associada às condições de uso do solo e às técnicas de manejo empregadas, no entanto a compactação excessiva pode também limitar a infiltração e redistribuição de água e as trocas gasosas no solo, Smucker & Erickson (1989), resultando em decréscimo da produção, aumento da erosão, segundo Soane (1990).

Os trabalhos de White (1985) e Diebold (1954) enfatizam que a medição da capacidade de infiltração de água no solo é o melhor indicador da compactação existente, pois essa limita ou causa impedimento no processo de infiltração de água. A velocidade de infiltração básica (VIB) é conhecida, de acordo com Bernardo (1989), como o valor constante que a velocidade de infiltração atinge com o passar do tempo. Segundo Reichardt (1987), depois de certo tempo, que é diferente para solos diferentes, a velocidade de infiltração se estabiliza, assumindo um valor constante, denominado infiltração básica (K_0). As medições devem ser quantificadas por métodos simples e adequadas às condições naturais em que se encontra o solo, considerando entre estas condições a infiltração e a redistribuição da água, Carvallo (2000).

As Tabelas 13,14, 15 e 16, a seguir, apresentam valores da Velocidade de Infiltração Básica (VIB) e sua média em área de pastagem degradada e de floresta natural, de mancha de Latossolo Amarelo e de Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico. Os gráficos 18, 19, 20 e 21 representam as curvas de infiltração e suas respectivas equações de infiltração tipo $f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$, segundo GRH/UFBA (2005), com base no modelo de Horton (1940), definido como taxa de infiltração instantânea, $(i = i_f + (i_i - i_f)e^{-\beta t})$. O valor de $-K$ foi calculado por $k = (f_0 - f_c) / F_c$, para cada ponto dos ambientes de pastagem e floresta. Os valores da velocidade de infiltração ao se estabilizarem e assumirem um valor constante são denominados de infiltração básica (VIB) ou K_0 .

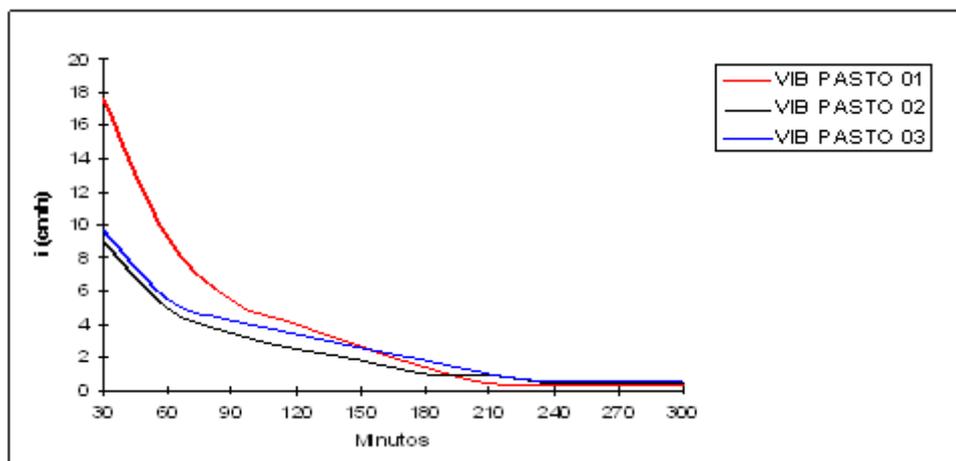
Tabela 13 - Velocidade de Infiltração (VIB) em LA de Pastagem

TEMPO (horas)	LATOSSOLO AMARELO - PASTO		
	VIB EM cm		
	PONTO 01	PONTO 02	PONTO 03
1	9,24	5	5,5
2	3,94	2,5	3,4
3	1,44	1	1,8
4	0,3	0,4	0,5
5	0,3	0,4	0,5
Média	3,04	1,86	2,34

Tabela 14 - Velocidade de Infiltração (VIB) em LA de Floresta

TEMPO (horas)	LATOSSOLO AMARELO - FLORESTA		
	VIB EM cm		
	PONTO 01	PONTO 02	PONTO 03
1	45,01	59,98	60
2	30,01	29,98	39,99
3	26,01	21,98	32,99
4	23,91	16,98	30,99
5	23,01	15,98	30,01
Média	29,59	28,98	38,79

Gráfico 18 – Teste de Infiltração no L A em Área de Pastagem

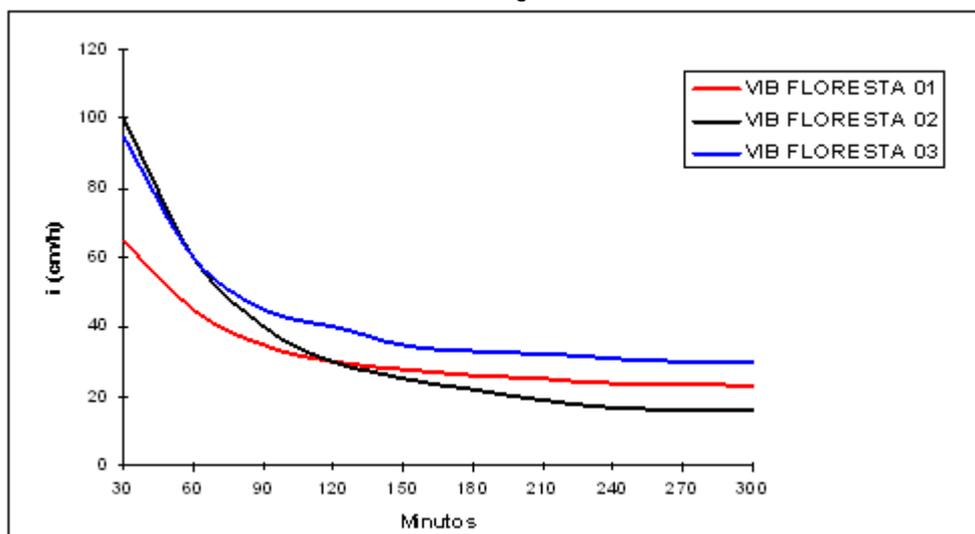


Equações de infiltração calculadas para área de pastagem de L A :

$$P1) f = 0,3 + 3,34e^{-0,97t}$$

$$P2) f = 0,4 + 2,26e^{-0,85t}$$

$$P3) f = 0,5 + 2,34e^{-0,70t}$$

Gráfico 19 – Teste de Infiltração no L A em Área de Floresta

Equações de infiltração calculadas para área de floresta de L A :

$$P1) f=23 + 29,6e^{-1,0t}$$

$$P2) f= 15 + 30e^{-1,0t}$$

$$P3) f= 30 + 38e^{-0,92t}$$

Os valores médios da VIB nos 3 pontos da área de pastagem do Latossolo Amarelo foram respectivamente 3,04; 1,86 e 2,34 cm/h, enquanto na área de floresta natural os valores observados foram de 29,98; 28,98 e 38,79 cm/h, ou seja, o meio não compactado pelo pisoteamento do gado, a floresta de L A, obteve valores médios da VIB entre 9 a 20 vezes maiores que os observados na pastagem.

Não considerando-se o valor médio e sim o menor valor da VIB para o Latossolo Amarelo em pastagem (0,3 cm/h), em relação ao maior valor da VIB em floresta (30,0cm/h) para o mesmo solo, teremos uma diferença para infiltração básica na floresta, 100 vezes maior que na pastagem. Essa mesma relação diminui para 15 vezes quando analisamos os valores da VIB ou K_0 em seus diferentes pontos extremos na área de pastagem e de floresta do Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico, respectivamente 1 e 14,99 cm/h, conforme demonstrado nas Tabelas 15 e 16, a seguir.

Os Gráficos 19 e 20 demonstram que aproximadamente a partir dos 240 minutos de medição, inicia-se um processo de maior estabilização contínua da infiltração, formando os valores finais da VIB. Na pastagem os valores correspondentes a VIB tendem a uma redução, cujos índices de infiltração se aproximam de zero, com valores de 0,3; 0,4 e 0,5 cm/h, para cada ponto analisado.

Os valores da velocidade de infiltração, apresentados para a pastagem de Argissolo, foram mais altos em média de 10 a 15 vezes do que os valores de pastagem encontrados no Latossolo Amarelo, sendo inferiores quanto aos resultados da VIB em área de floresta do mesmo Argissolo, como se pode observar nas tabelas abaixo.

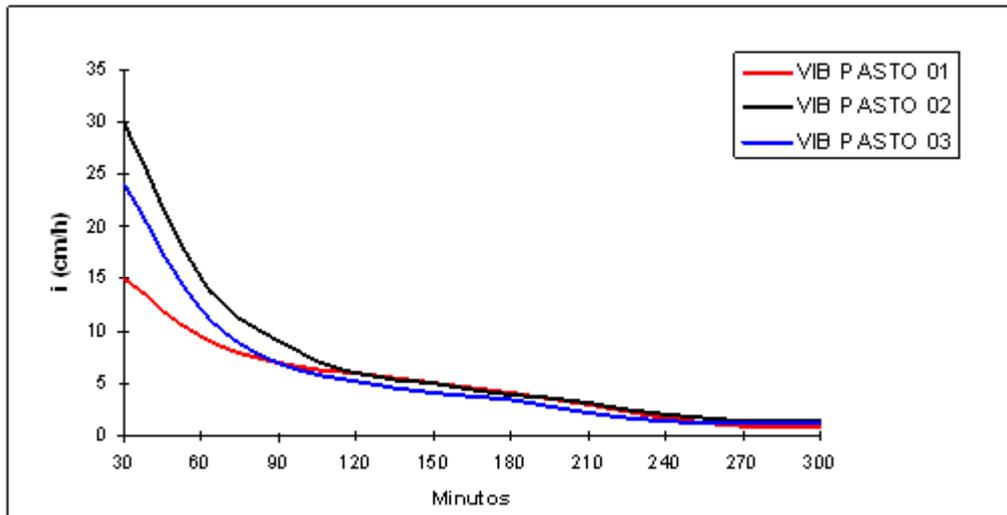
Tabela 15 - Velocidade de Infiltração (VIB) em PVAp de Pastagem

TEMPO (horas)	ARGISSOLO V. AMARELO PASTO		
	VIB EM cm		
	PONTO 01	PONTO 02	PONTO 03
1	9,5	15	12
2	6	6	5,2
3	4,1	4	3,5
4	1,8	2,1	1,5
5	1	1,5	1,2
Média	4,48	5,72	4,68

Tabela 16 - Velocidade de Infiltração (VIB) em PVAp de Floresta

TEMPO (horas)	ARGISSOLO V. AMARELO FLORESTA		
	VIB EM cm		
	PONTO 01	PONTO 02	PONTO 03
1	28,19	26,99	21,22
2	19,19	13,99	13,72
3	16,19	11,99	12,72
4	15,19	10,99	10,72
5	14,19	10,99	10,22
Média	18,59	14,99	13,72

Gráfico 20 – Teste de Infiltração no PVAp em Área de Pastagem



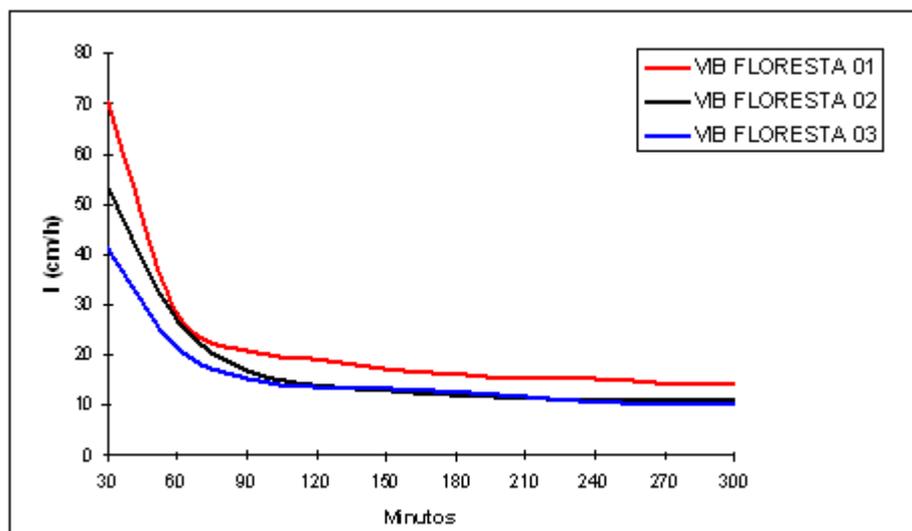
Equações de infiltração calculadas para área de pastagem de PVAp.

$$P1) f = 1 + 4,48e^{-0,64t}$$

$$P2) f = 15 + 5,7e^{-0,94t}$$

$$P3) f = 1,2 + 18,5e^{-0,90t}$$

Gráfico 21 – Teste de Infiltração no PVAp em Área de Floresta



Equações de infiltração calculadas para área de floresta de PVAp.

$$P1) f = 14 + 18,5e^{-0,95t}$$

$$P2) f = 11 + 15e^{-1,33t}$$

$$P3) f = 10 + 13,8e^{-0,92t}$$

Os Gráficos 20 e 21 acima evidenciam um comportamento similar aos do L A, principalmente na área de pastagem com maior estabilização da infiltração a partir dos 240 minutos. Os valores da velocidade inicial de infiltração, em área de floresta do PVAp, foram inferiores aos do L A, sendo que o início da estabilização da curva da VIB, no Gráfico 21, ocorre entre 210 e 240 minutos, pouco antes do observado para o L A (Gráfico 19). O comportamento das curvas do Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico em área de floresta (Gráfico 21, acima), assemelha-se mais ao modelo de curvas de solos arenosos, proposto em Reichardt (1987), não sendo no entanto, caracterizado perfeitamente. Essa semelhança possivelmente deve estar associada a diversificação da textura do solo PVAp em floresta, visto na Tabela 6, onde encontramos 4 amostras ou 11% do total, com textura não argilosa, sendo estas argilo-siltosa.

Observa-se nos testes de infiltração que no tempo inicial do processo ocorre a saturação da camada superior do solo e altos valores de potencial mátrico; a partir do ponto de inflexão da curva, a frente de umidade comporta-se mais uniformemente com mais baixa velocidade, pequenas paradas e continuidade tênues, fazendo com que a taxa de infiltração diminua e seja mais constante. De acordo com Collis-George & Lal (1971), a diminuição da velocidade de infiltração pode estar relacionada entre outros fatores à

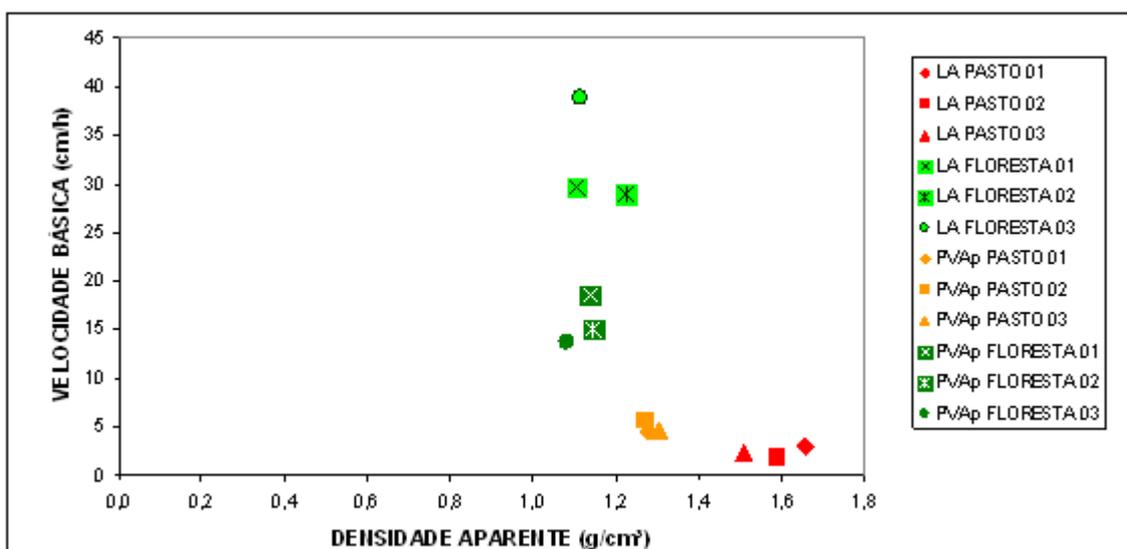
diminuição do gradiente do potencial hidráulico à medida que a água penetra no solo, além da dispersão das partículas individuais e sua deposição nos poros do solo, que passam a obstruir parcial ou totalmente a passagem de água.

Os gráficos apresentados anteriormente evidenciam valores mais altos nas primeiras duas horas do início dos ensaios, decrescendo com a velocidade correspondente às características físicas de cada área, e caracterizam-se pela suavização das curvas de infiltração, que tendem a uma determinada constância a partir dos 240 minutos de infiltração, com exceção do Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico em floresta que inicia a normalização das curvas entre os 210 e 240 minutos.

Os valores da VIB encontrados em área de floresta para ambos os solos, comparativamente aos obtidos em pastagem compactada, foram classificados como muito alto segundo Reichardt (1987). Ao observarmos o uso da mesma metodologia de anéis concêntricos, o trabalho efetuado por Castro et al. (1987) para determinação da VIB em um Latossolo Vermelho - Escuro sob diferentes sistemas de manejos como áreas de plantio direto, uso de escarificador no solo e plantio convencional, detectou-se valores de estabilização da curva de infiltração entre 35 até 50 cm/h. Esses valores, definidos em áreas de uso agrícola, foram iguais e mais altos do que os detectados neste estudo para a área de floresta de Latossolo Amarelo, como pode ser observado no Gráfico 19.

Os resultados obtidos da densidade aparente entre 0 a 40 cm de profundidade, nas áreas de florestas, para os dois solos, não apresentaram diferenças significativas entre si, conforme Tabela 7, p. 62. Contudo, os resultados da velocidade média de infiltração básica demonstraram diferenças entre as duas áreas de florestas, sendo que o Latossolo Amarelo nos três pontos analisados obtiveram valores mais altos de VIB média com 29,6; 28,9 e 38,8 cm/h, comparados aos do Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico com 18,6; 15,0 e 13,7 cm/h. O Gráfico 22, a seguir, confirma a pouca variação da densidade aparente nas áreas de floresta, entre 1,0 e 1,25 g/cm³ em relação a VIB, cuja variação dá-se entre 15 a 45 cm/h.

Gráfico 22 – Relação entre Densidade Aparente e Infiltração Básica.



A relação com a porosidade, nos dois ambientes de floresta, não apresentou diferenças significativas, conforme a Tabela 8, sendo a classificação textural dos dois solos definidas como argilosas, de acordo com os dados do Gráfico 2, apresentando algumas variações dos componentes de formação dessa textura. No caso da areia total, essa é maior em média 7% no Latossolo em relação ao Argissolo, que por sua vez é superior de 6 a 8% em silte que o Latossolo Amarelo. Essas variações texturais, registradas em algumas amostras, podem contribuir em parte para a diferenciação dos resultados da VIB entre os dois solos em área florestal. Deve-se considerar que os Latossolos, normalmente, são solos friáveis com boa permeabilidade, associada a sua estrutura granular.

A homogeneidade dos resultados obtidos para a densidade aparente e porosidade total em área de floresta, respectivamente de $1,14 \text{ g/cm}^3$ / 51,5% para o Latossolo Amarelo e $1,12 \text{ g/cm}^3$ / 52,8%, para o Argissolo Vermelho Amarelo Plintico, Tabelas 7 e 8, não determinam variações que diferenciem os índices de velocidade de infiltração média observada, cujos resultados apresentam diferenças até duas vezes mais altos nos valores médios da VIB do Latossolo Amarelo, em relação ao Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico.

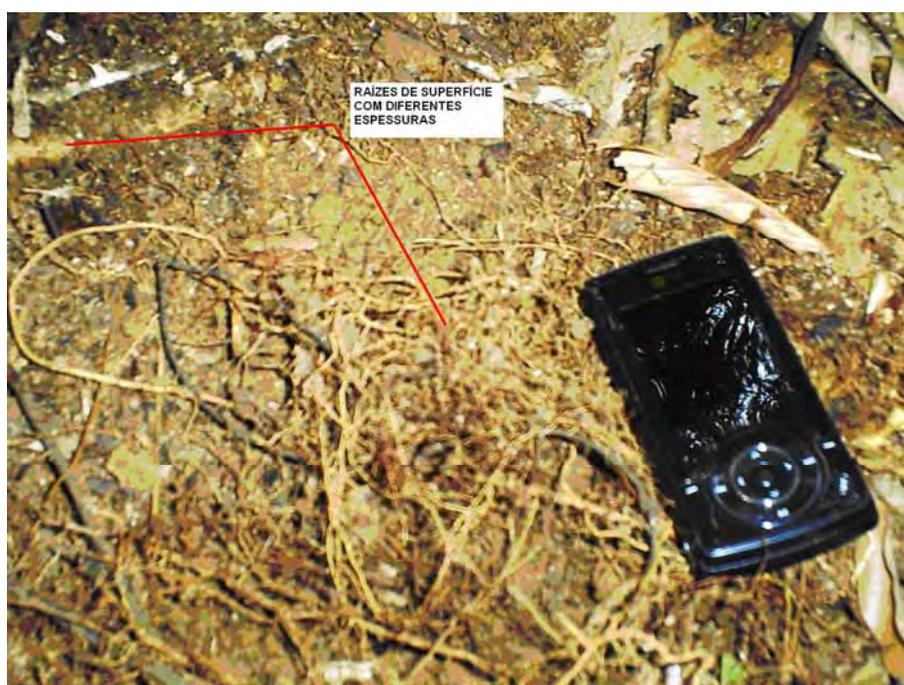
Observações qualitativas determinadas em campo associadas aos aspectos morfológicos dos solos ajudam entender melhor às diferenças registradas entre as distintas condições de uso (ambiente) do solo, principalmente no contexto das florestas. As condições anisotrópicas dos solos nessas áreas, frente ao processo de infiltração da

água, refletem diversos fatores associados ao solo, que podem atuar por si próprios na geração de resultados distintos de um ponto para outro, em uma mesma mancha comum, ou entre mancha de solos e usos diferentes.

Entre essas condições, observamos a trama das raízes de diferentes tamanhos existentes em superfície principalmente nos primeiros 20 cm de profundidade, associada ao maior ou menor número de biodutos e dutos de raízes apodrecidas, dispostas no sentido vertical e horizontal nas diferentes camadas dos solos, gerando uma situação heterogênea quanto à velocidade de escoamento das águas de superfície e sua redistribuição nas diferentes profundidades do solo. A pedo-estrutura em ambiente florestal apresenta diferenças quanto a quantidade e tamanho dos poros, bioporos e dutos que podem e influenciam a velocidade de infiltração; observar Fotos 22, 23 e 24 a seguir.

Foto 22 – Bloco de Solo Subangular de Área de Floresta com Poros e Dutos.



Foto 23 – Trama de Raízes em Superfície de Área de Floresta**Foto 24 – Raízes Expostas em Superfície de Florestas**

A atuação da fauna, a exemplo de pequenos escavadores e principalmente da micro-fauna do solo florestal, forma e por vezes concentra macroporos biogênicos construídos por minhocas, cupins, formigas e seus ninhos que geram em subsuperfície verdadeiros sumidouros da água infiltrada. O efeito do adensamento da serrapilheira sobre o solo, com sua capacidade de retenção de umidade e direcionamento de fluxo de

água em superfície, além dos níveis diferenciados de matéria orgânica, atuando na formação de estrutura mais resistente à passagem da água, foram fatores que interferiram na variação dos valores médios da VIB entre as áreas de floresta e possivelmente em menor escala nas áreas de pastagem, que se apresentaram mais homogêneas.

As análises de campo e os resultados aqui obtidos são similares a outros trabalhos realizados por diferentes autores, que determinam agentes provedores dos mecanismos de aceleração da VIB em solos de floresta ou caracterizam sua atuação no solo e suas conseqüências pedomorfológicas como geração de canais internos, túneis, deslocamento de agregados entre outros fatores.

Santos (2001) afirma em sua tese que a maior capacidade de infiltração do solo pode estar condicionada à presença de furos, canalículos, tufo de vegetação e ninhos de formigueiros, e ao concluir diz que a concentração destes fatores tornou a alta vertente por ele estudada como a área de maior capacidade de infiltração. Basile et al (2003) fez considerações importantes sobre os macroporos biogênicos e sua eficácia na permeabilidade dos solos florestais. Castro Junior (1991) avaliou a fauna endopedônica na estruturação física do solo e na influência desta sobre a hidrologia de superfície. Em Coelho Netto (1985), é comentado, entre outros fatores, o papel da serrapilheira no piso florestal, atuando na diminuição da erosão de superfície, evitando o selamento e contribuindo para melhor capacidade de infiltração da água no solo.

A densidade do solo é um dos parâmetros que mais interferem na infiltração de água no perfil. Esse índice é normalmente alterado pela pressão mecânica exercida sobre ele segundo Baver et al. (1972), a qual pode ser influenciada pelo pisoteio animal, afirmam Gradwell (1966) e Bertol & Santos (1995), e pela desagregação ocasionada pelo preparo excessivo do solo, confirmam Bertol (1989) e Bertol & Santos (1995).

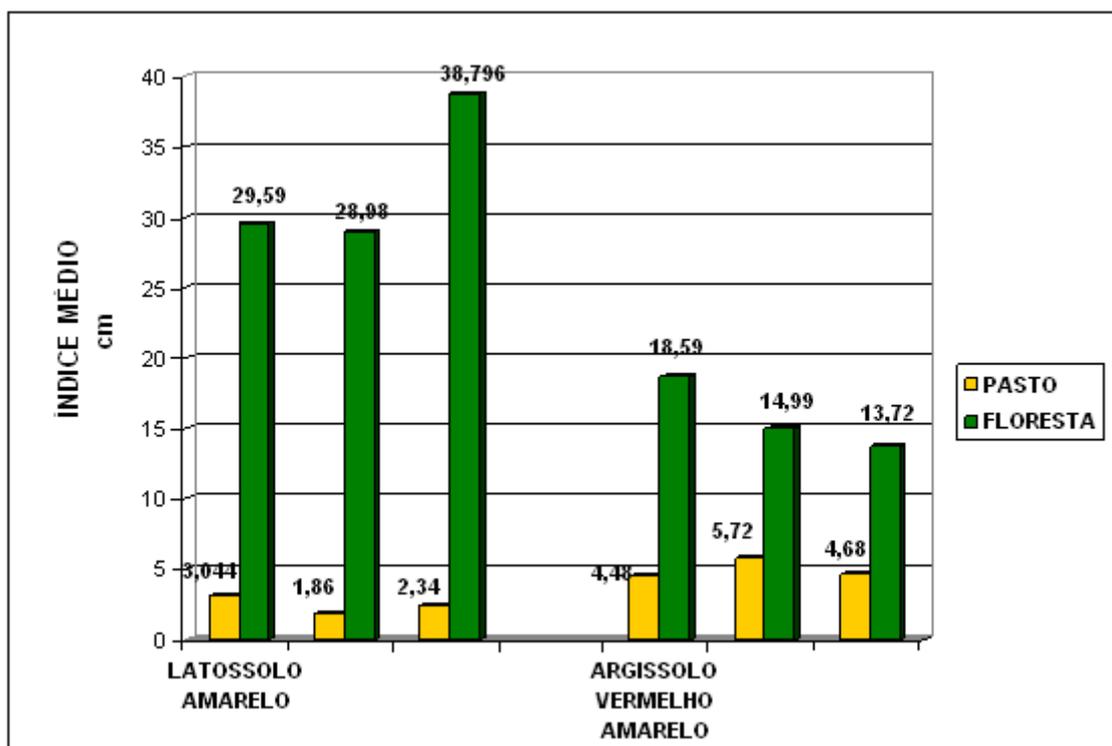
Na pastagem do Argissolo (PVAp), os valores da densidade aparente e velocidade média de infiltração, observados no Gráfico 22, encontram-se bem agrupados, demonstrando maior homogeneidade dos resultados. Os valores da densidade aparente deste solo em pastagem variaram de 1,2 a 1,4 g/cm³, e as médias obtidas de velocidade de infiltração foram bem próximas umas das outras, variando de 4,0 a 6,0 cm/h. As maiores médias de densidade aparente encontradas foram registradas em áreas de pastagem do Latossolo Amarelo, com os valores de 1,65; 1,58 e 1,51 g/cm³, caracterizando-as como áreas de menor capacidade de infiltração.

As taxas mais altas da velocidade de infiltração média observadas foram nos três pontos localizados na floresta de Latossolo Amarelo, conforme o Gráfico 19, com velocidades médias de 29,6; 28,9 e 38,8 cm/h, enquanto que as taxas mais baixas correspondem à área de pastagem do mesmo Latossolo Amarelo, exposta no Gráfico 18, com velocidades médias de 3,04; 1,86 e 2,34 cm/h caracterizando a compactação não só pelo pisoteio do gado e aumento da densidade, como pelos valores de infiltração obtidos, inferiores a 9 cm/h, que segundo Blancaneux, et al. (1995), identificariam solos sob pastagens compactadas. O gráfico de velocidade de infiltração para os pontos localizados no PVAp em área de floresta mostrou valores inferiores e mais homogêneos que os do L A, sendo os mesmos de 18,6; 15,0 e 13,7 cm/h. Na pastagem de PVAp, as taxas de infiltração média possuem pouca dispersão entre seus valores, com índices de 4,5; 5,7 e 4,7 cm/h, caracterizando também áreas compactadas de acordo com a classificação de Blancaneux, et al. (1995).

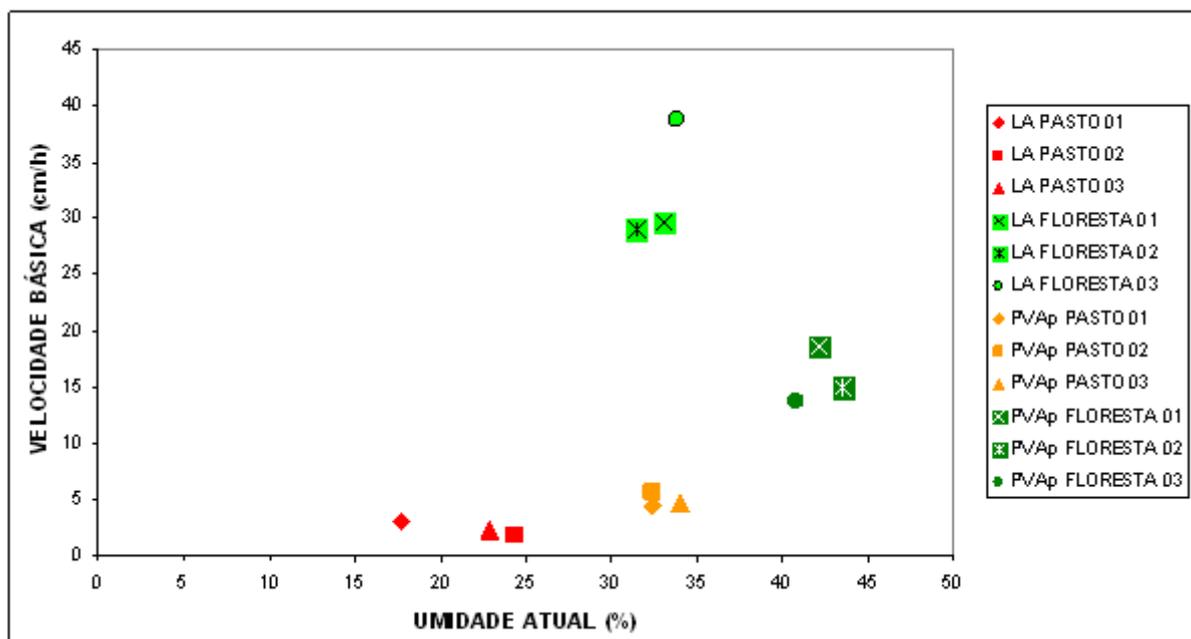
O Gráfico 23 a seguir evidencia as diferenças observadas nos ensaios de infiltração, com a representação dos seus valores médios, considerando os diferentes tipos e ambientes dos solos. Embora o Latossolo Amarelo e o Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico estejam classificados texturalmente como argilosos, o Argissolo possui ligeiro acúmulo de argila na profundidade de 21 a 40 cm, que pode ter contribuído para uma redução da velocidade de infiltração deste solo no ambiente de floresta. Contrapondo-se, no entanto, ao ambiente de pastagem onde seus valores foram superiores aos do Latossolo, fato que só se pode justificar pelo efeito de pousio por que passou essa pastagem nos últimos 3 anos.

Nos trabalhos de Hillel (1971), Reichardt (1975), Souza & Cogo (1978) e Reichardt e Timm (2004), ressalta-se que o teor de umidade no solo interfere diretamente em sua velocidade de infiltração. Com a umidade mais elevada encontramos menores índices de movimento de água no perfil, como se pode observar no Gráfico 24. Analisando os solos e seus respectivos ambientes, observa-se que no PVAp de floresta, onde se concentram os maiores índices de umidade atual (42,1% – 43,4% e 40,7%), ocorre a menor velocidade de infiltração, corroborando com a afirmação dos autores supracitados.

Gráfico 23 – Comparação entre Valores Médios de L A e PVAp em Pastagem e Floresta



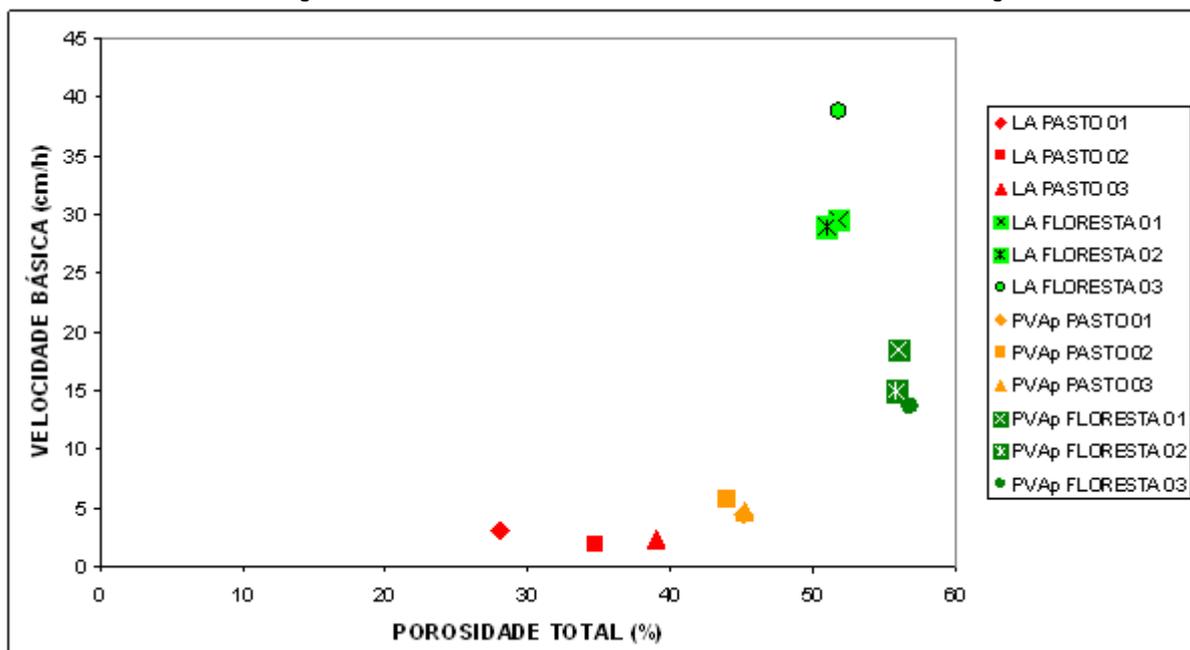
Quanto aos valores de umidade do PVAp em área de pasto e do L A em área de floresta, vemos que as taxas de umidade observadas são bem próximas, com 33,1; 31,4 e 33,7% e 32,3; 32,3 e 34,1% respectivamente. No entanto, a infiltração medida em área de floresta do Latossolo Amarelo é superior aos índices observados em pasto do Argissolo. Essa diferença, segundo Souza & Cogo (1978), deve-se principalmente aos maiores índices de matéria orgânica encontrada na área de floresta do L A, com 21,6% contra 13,6% em pasto de Argissolo (PVAp). O aumento da matéria orgânica no solo contribui, segundo os autores, para uma maior estabilidade dos agregados e conseqüentemente melhor condição de porosidade, aumentando a taxa de infiltração.

Gráfico 24 – Relação entre Médias de Umidade Atual e Infiltração Básica

Netto e Fernandes (2005) chamam a atenção para o efeito do pousio (terra sem perturbação antrópica por um ou mais anos), na melhora da condutibilidade média do solo até um metro de profundidade, independente da sua umidade. Considerando o ambiente florestal, sem o efeito antrópico, independente da possível condição de adensamento natural de seus solos, a maior eficiência da condutibilidade faz-se presente. Nas áreas de pastagem do PVAp analisadas, considerando o pouco pastoreio dos últimos 3 anos, as condições da VIB foram melhores que as encontradas em pastagem em degradação como a do LA.

Os valores encontrados para umidade e velocidade de infiltração média na pastagem de LA foram respectivamente 17,6%; 22,8% e 24,4% com 3,04; 1,86 e 2,34 cm/h. Esses valores (os mais baixos encontrados) estão associados a uma situação de compactação desse solo, cuja densidade aparente média foi acima de $1,5 \text{ g/cm}^3$ (Tabela 7), ocorrendo redução de porosidade total (Tabela 8), da umidade atual (Tabela 9) e da matéria orgânica conforme a Tabela 3. Fica caracterizado como o solo em maior processo de degradação.

De acordo com Federer (1961), a porosidade total demonstra em geral, uma tendência inversa da densidade aparente. O aumento na densidade aparente do solo nos níveis de superfície e subsuperfície resultaram numa diminuição da porosidade total.

Gráfico 25 – Relação entre Média de Porosidade Total e Infiltração Básica

Como podemos observar no Gráfico 25, os valores de porosidade total nas áreas de pastagens foram inferiores a 40% no Latossolo e inferior a 47% no Argissolo, sendo a VIB média de ambos inferior a 9 cm/h, indicando os efeitos da compactação existente nas duas áreas de pastagens. Os valores abaixo de 40% referentes à porosidade total indicam em termos médios uma textura mais arenosa do solo de acordo com Kiehl (1979). No entanto, a classificação textural definida como não argilosa do L A, tanto em pastagem como em floresta, não ultrapassou 19% das amostras, em um total de 72 considerando 36 para cada tipo de ambiente do solo (pastagem e floresta). Os PVAp tiveram 12,5% de suas amostras, classificadas como não argilosas, sendo que seus índices de porosidade não ultrapassaram os 47%, que está pouco acima do limite mínimo definido por Kiehl para variação da porosidade em solos argisolos (entre 40 e 60%).

Essa variação da porosidade total, no caso do menor valor para pastagem do L A, com uma diferença pequena de 7% para o PVAp, pode estar associada a diferenças da matéria orgânica nas duas pastagens, cujo Latossolo tem média de 10,2% e o PVAp de 14%. A matéria orgânica, nesse caso, já é por si só um material mais poroso, segundo Kiehl (1979). A baixa porosidade associada à alta resistência à penetração mecânica encontrada no L A, à alta densidade aparente, ao baixo nível de umidade e de matéria orgânica em associação a uma condição de fertilidade natural distrófica e álica, identifica o processo de degradação mais avançado nesse solo.

4.4. ANÁLISES QUÍMICAS - AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE

Os resultados químicos considerados para avaliar a fertilidade natural do Latossolo Amarelo (L A), e do Argissolo Vermelho Amarelo (PVAp), em seus diferentes ambientes, são apresentados nos Quadros 4, 5, 6, e 7 a seguir.

Quadro 4 - Dados Químicos - Latossolo Amarelo em Pastagem.

Pastagem - Latossolo - 0 a 20 cm												
Amostra	pH em Água	P mg/dm ³	m mol c/dm ³							M. Org. g/kg	V %	M%
			K	Ca	Mg	S	Al + H	CTC	Al			
1	5	1	0,88	4,8	3,5	9,18	101,02	110,2	33,2	15,7	8,3	78,3
2	5,1	2	0,9	4,6	3,2	8,7	102,5	111,2	41,2	17,2	7,8	82,6
3	5,2	3	0,87	5,5	3,8	10,17	106,4	116,57	31,5	16,4	8,7	75,6
4	5	2	1,2	6,3	4	11,5	102,05	113,55	39,1	11,8	10,1	77,3
5	5,5	2	0,78	6,1	3,2	10,08	110,8	120,88	39,8	15,3	8,3	79,8
6	5,2	1	0,89	6,4	3,8	11,09	104,2	115,29	44,6	12,6	9,6	80,1
7	4,3	2	1	5,1	2,7	8,8	106,21	115,01	35,2	14,7	7,7	80,0
8	4,3	2	1,1	7,3	3,2	11,6	112,9	124,5	34,5	12,7	9,3	74,8
9	4,2	1	1,1	6,7	3,5	11,3	101,3	112,6	44,2	11,8	10,0	79,6
10	4,8	1	1,3	6,1	3,7	11,1	108,6	119,7	36,7	14,6	9,3	76,8
11	4,5	1	1,2	4,3	3,7	9,2	89	98,2	41,3	10,7	9,4	81,8
12	4,4	2	0,92	5,5	3	9,42	107,7	117,12	40,2	11,2	8,0	81,0
13	5	2	1,3	3,3	3,1	7,7	110,8	118,5	34,2	14,2	6,5	81,6
14	4,8	1	0,78	6,4	3,2	10,38	114,5	124,88	34	12,1	8,3	76,6
15	5	3	0,88	4	2,9	7,78	111,8	119,58	34,8	13,7	6,5	81,7
16	4,8	1	1	3,2	2,8	7	101,8	108,8	34,6	10,3	6,4	83,2
17	5,1	2	0,78	4,8	3,9	9,48	102,28	111,76	41,2	11,8	8,5	81,3
18	5,1	1	1,1	6,4	4	11,5	115,3	126,8	39,3	12,8	9,1	77,4

A identificação das amostras evidenciou, independente do tipo do solo e do seu uso, valores de pH em água classificados como extremamente a fortemente ácidos, sendo os teores de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) trocáveis, classificados como baixos, com altos valores para o Alumínio (Al), e valores de baixo a médio para a matéria orgânica, de acordo com o índice de fertilidade do solo (IFS) da Embrapa/RO, (Apêndice E).

Quadro 5 – Dados Químicos - Latossolo Amarelo em Floresta

Floresta – Latossolo - 0 a 20 cm												
Amostra	pH em Água	P mg/dm ³	m mol c/dm ³							M. Org. g/kg	V %	M%
			K	Ca	Mg	S	Al + H	CTC	Al			
1	4,2	2	1,3	8,8	7,5	17,6	102,1	119,7	23,2	27,6	14,7	56,9
2	4,3	4	1,2	8,6	6,3	16,1	90,42	106,52	27,4	27,4	15,1	63,0
3	4,2	3	1,2	6,3	4,8	12,3	91,4	103,7	20,2	25,5	11,9	62,2
4	3,8	3	1,1	7,3	6,5	14,9	102,6	117,5	29,2	24,6	12,7	66,2
5	4,2	3	1,1	7,7	6,4	15,2	102,5	117,7	28,8	24,2	12,9	65,5
6	4,1	4	0,9	7,6	5,4	13,9	104	117,9	27,6	27,5	11,8	66,5
7	4,2	2	0,89	7,4	5,3	13,59	107,2	120,79	27	25,4	11,3	66,5
8	4,1	3	0,89	6,5	5,1	12,49	108,9	121,39	26,7	26,2	10,3	68,1
9	3,8	2	0,68	6,2	5,2	12,08	108,88	120,96	24,3	25,7	10,0	66,8
10	3,8	2	0,59	9,5	6,3	16,39	103,69	120,08	26,7	24,5	13,6	62,0
11	4,3	3	1,1	6,3	5,2	12,6	105,4	118	26,2	25,4	10,7	67,5
12	4,2	2	1,1	6,8	5,6	13,5	102,8	116,3	29,3	23,4	11,6	68,5
13	4,1	4	0,52	2,8	2,3	5,62	106,32	111,94	29,5	25,6	5,0	84,0
14	4,5	2	0,54	5,7	3,6	9,84	108,7	118,54	31,7	27,3	8,3	76,3
15	5,3	3	1,2	4,3	3,6	9,1	102,4	111,5	32,6	25,4	8,2	78,2
16	4,4	3	1,12	7,5	6,2	14,82	102,52	117,34	28,6	27,7	12,6	65,9
17	4,1	4	1,2	11,5	8,8	21,5	101,1	122,6	25	29,5	17,5	53,8
18	4,3	3	1,2	9,3	8,4	18,9	102,4	121,3	24	32,3	15,6	55,9

Comparando os valores dos índices de fertilidade obtidos para todo o conjunto de amostras identificadas nos Quadros 4, 5, 6, e 7, referente ao Latossolo Amarelo (L A) e o Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico (PVAp), com outros valores índices de solos, desenvolvidos na atual área do Município de Porto Velho e apresentados em Brasil (1978), sendo da mesma unidade geológica (Formação Jaciparaná) definida em Adamy & Romanini (1990), encontra-se características comuns como acidez elevada, valores altos de alumínio trocável e saturação com alumínio, valores baixos para a soma e saturação de bases e capacidade de troca de cátions com baixa fertilidade.

A partir da caracterização geral dos solos, procurou-se detectar as diferenças significativas existentes entre os índices de avaliação considerados para os tipos e ambientes dos solos analisados. As Tabelas 17 e 18, baseadas nos Quadros 4, 5, 6 e 7, evidenciam as diferenças significativas existentes, considerando a relação intra e entre os tipos de solos e seus ambientes em pastagens ou florestas. Ao observarmos a Tabela 17, vemos que o pH em água registrou diferenças significativas ($P < 0,05$) entre cada ambiente e mancha de solo individualizada. Os valores químicos de fertilidade dos solos, observados na pastagem, foram diferentes dos de floresta para LA e PVAp.

Quadro 6 - Dados Químicos - Argissolo Vermelho Amarelo Plíntico em Pastagem

Pastagem – Argissolo - 0 a 20 cm												
Amostra	pH em Água	P mg/dm ³	m mol c/dm ³							M. Org. g/kg	V %	M%
			K	Ca	Mg	S	Al + H	CTC	Al			
1	5	3	1,1	14,4	5	20,5	101,1	121,6	28,4	10,3	16,9	58,1
2	4,8	4	0,93	14,9	5,2	21,03	100,5	121,53	31,8	20,1	17,3	60,2
3	4,5	4	1,2	13,6	5	19,8	106,4	126,2	26,6	16,4	15,7	57,3
4	4,5	4	1,3	13,5	5	19,8	101,4	121,2	31,6	11,8	16,3	61,5
5	5,2	3	1,1	13,6	4,6	19,3	88,21	107,51	32,7	18,2	18,0	62,9
6	5,1	2	1	13	5,2	19,2	100,5	119,7	32,5	12,6	16,0	62,9
7	4,3	2	0,82	13,2	5	19,02	101,4	120,42	31,1	14,7	15,8	62,1
8	4,8	2	1	12,4	4,5	17,9	100,9	118,8	30,4	12,7	15,1	62,9
9	4,4	1	0,89	14,7	4,5	20,09	101,1	121,18	33,7	9,6	16,6	62,7
10	4,4	2	1	13,3	4,7	19	102,9	121,9	34,6	14,6	15,6	64,6
11	4,8	4	0,93	12,3	5,5	18,73	99,93	118,66	34,2	10,7	15,8	64,6
12	4,4	3	0,87	11,8	4,5	17,17	99,37	116,54	30,7	11,2	14,7	64,1
13	5	2	1,2	12,3	2,3	15,8	102,1	117,9	33,7	15,6	13,4	68,1
14	4,6	2	0,78	13,4	5,2	19,38	98,7	118,08	32,8	13,8	16,4	62,9
15	5,3	3	0,85	12,5	5	18,35	103,3	121,65	37,6	17,3	15,1	67,2
16	4,8	2	0,92	12,5	5	18,42	110,8	129,18	38,7	21,8	14,3	67,8
17	4,1	4	0,67	14,1	5,3	20,07	99,67	119,74	36,5	23,9	16,8	64,5
18	5	2	0,84	12,5	5	18,34	93,9	112,24	34,7	22,4	16,3	65,4

Quadro 7 - Dados Químicos - Argissolo Vermelho Amarelo Plíntico em Floresta

Floresta – Argissolo - 0 a 20 cm												
Amostra	pH em Água	P mg/dm ³	m mol c/dm ³							M. Org. g/kg	V %	M%
			K	Ca	Mg	S	Al + H	CTC	Al			
1	4	2	0,89	9,2	5	15,09	103,5	118,59	22,4	25,6	12,7	59,7
2	4	3	1,2	8,8	4,8	14,8	103,2	118	25,4	28,7	12,5	63,2
3	4,2	3	0,78	8,6	5,2	14,58	103,6	118,18	19,3	29,5	12,3	57,0
4	3,8	3	0,85	8,3	5,1	14,25	104,2	118,45	26,5	27,2	12,0	65,0
5	4,2	3	1,1	7,6	4,8	13,5	103,8	117,3	29,4	31,8	11,5	68,5
6	4	3	0,9	6,7	4,4	12	103,1	115,1	25,7	28,5	10,4	68,2
7	4,2	2	0,75	7,7	4,6	13,05	102,1	115,15	21,8	29,6	11,3	62,6
8	4	3	0,68	9,2	5	14,88	102,9	117,78	20,7	29,2	12,6	58,2
9	4,5	2	0,68	6,9	5,2	12,78	104	116,74	22,8	31,6	10,9	64,1
10	3,8	2	0,79	7,7	5,8	14,29	102,4	116,69	25	28,4	12,2	63,6
11	4,1	3	0,89	8,2	5	14,09	102,4	116,49	23,4	33,8	12,1	62,4
12	4	2	1,1	6,7	5,6	13,4	104,2	117,6	28,4	31,7	11,4	67,9
13	4	3	0,72	7,9	5,2	13,82	102,1	115,92	27,3	31,4	11,9	66,4
14	5,1	2	0,74	8,8	4,5	14,04	102,6	116,6	25,6	33,7	12,0	64,6
15	4,3	3	0,88	9,3	4,8	14,98	101,5	116,48	24,6	26,6	12,9	62,2
16	4,2	2	1	7,8	5,2	14	102,3	116,3	26,7	20,3	12,0	65,6
17	4,1	3	0,78	9,2	4,8	14,78	102,9	117,68	26,6	21,8	12,6	64,3
18	4,2	2	1,2	8,4	5,2	14,8	101,7	116,5	30,2	20,2	12,7	67,1

Os valores de pH mais baixos estão nas áreas de florestas para ambos os solos considerados. Os solos desenvolvidos em regiões tropicais como as amazônicas, geralmente, são muito intemperizados, com perda de elementos por lixiviação, com valores predominantemente abaixo de pH 5,5 em associação à presença de alumínio trocável (Al^{3+}), e com baixa fertilidade natural, de acordo com Brasil (1978), Demattê (1988), Demattê e Demattê (1993).

Tabela 17 – Teste de Tukey Aplicado a pH, Teores de P, K, Ca e Mg e Matéria Orgânica em Relação às Classes e Usos dos Solos

pH em água				
Profundidade	Latosolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	4,8 A	4,2 B	4,7 A	4,2 B

P mg/dm ³				
Profundidade	Latosolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	1,7 A	2,9 B	2,7 B	2,6 B

K mmol c/dm ³				
Profundidade	Latosolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	1A	1A	1A	0,9 A

Ca mmol c/dm ³				
Profundidade	Latosolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	5,4 A	7,2 B	13,2 C	8,2 B

Mg mmol c/dm ³				
Profundidade	Latosolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	3,4 A	5,7 B	4,8 C	5 BC

S mmol c/dm ³				
Profundidade	Latosolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	9,8 A	13,9 B	19 C	14,1 B

Médias em mesma linha seguidas de letras maiúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Os resultados, observados nos índices de pH, não excluem a classificação de extremamente a fortemente ácido detectados para todas as amostras analisadas, de acordo o Apêndice E. Quanto às pequenas diferenças do pH, observadas entre a pastagem e a floresta para cada tipo de solo (L A e PVAp), Longo e Espíndola (2000) lembram que os sistemas de uso do solo podem influenciar nas alterações que ocorrem em suas características químicas.

Resultados similares aos valores observados para o pH em floresta e pastagem foram encontrados por Longo (1999), que mostram valores de pH reduzidos em solos de floresta em Rondônia, quando comparados a solos de pastagem sob mesma condição edafoclimática. Situação evidenciando solos mais ácidos em áreas de florestas foi obtida também por Barreto et al. (2006), em sistema de Mata Atlântica, no sul da Bahia. De acordo com o referido autor, os menores valores de pH, conferindo maior acidez ao solo, foram encontrados em áreas de mata, sendo esse índice mais baixo do que os observados em pastagens e na cultura de cacau.

Barreto et al. (2006) afirma ainda que a matéria orgânica tem grande contribuição com a fertilidade do solo, com o aumento da capacidade de troca de cátions, (CTC), e com relação às propriedades físicas e biológicas desses. Quanto à acidez dos solos, esta não é promovida somente pelo ácido húmico originário da decomposição da matéria orgânica, mas também pela acidez provinda de ácidos minerais, inclusive do gás carbônico de acordo com Tibau (1987).

Os valores de Fósforo encontrados apresentaram diferença significativa para a situação de uso do solo com pastagem em latossolo, sendo esse o menor valor detectado equivalente a $1,7 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$, em pastagem de Latossolo Amarelo, sendo todos os demais valores maiores que aquele, apesar de classificados igualmente como baixos, segundo o Apêndice E, referente à classificação de fertilidade da Embrapa/RO. O maior valor de $2,9 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$ foi encontrado para área de floresta em L A. Essa variação de valores máximo e mínimo encontrada nas áreas dos ambientes de pasto e floresta, compatibilizam-se com a afirmativa de que uma boa parte dos solos da América Latina possui baixa disponibilidade de fósforo em suas camadas superficiais, confirmam Leon & Hammond (1985).

Os solos tropicais muito intemperizados possuem, de modo geral, baixa disponibilidade de P para as plantas e elevada capacidade de absorção de P inorgânico, segundo Cunha et al. (2007). Trabalho de Costa, et al (2006) sobre propriedades

químicas e físicas de solos sob pastagens para a Amazônia Ocidental, evidencia que os teores de fósforo foram reduzidos em função do tempo de utilização das pastagens. Nesta pesquisa, ambas as pastagens tiveram essa utilização por 20 anos, favorecendo a redução do fósforo como confirmam os resultados obtidos.

As pesquisas pioneiras desenvolvidas por Falesi (1976) mostram valores mínimos de Fósforo de $0,02 \text{ mmol/dm}^3$ e $0,08 \text{ mmol/dm}^3$ respectivamente para Latossolo Amarelo textura muito argilosa e Podzólico Vermelho Amarelo textura média, cujos resultados estão associados a condição de floresta natural, ou seja, anterior à derrubada e à queima, quando os mesmos valores eram de $0,3 \text{ mmol/dm}^3$ de fósforo (P), para ambos os solos. Observa-se no referido trabalho que posteriormente, entre 7 a 10 anos de utilização como pastagem, os índices de P decaem para situação inferior às encontradas no solo da floresta natural.

As mudanças de uso da terra de floresta para pastagens na região amazônica têm proporcionado resultados de perdas de nutrientes do solo de maneira rápida e sem preocupação da manutenção desses solos pelo fato de ainda existirem uma grande oferta de terras a baixo preço. Exemplo é dado por Silva (2002), apresentando resultados referentes à mudança da cobertura vegetal original de floresta para a pastagem em um Chernossolo, onde se observou a redução não só dos teores de P, bem como de K, Ca, Mg, Al, H, saturação de bases e capacidade de troca catiônica do solo em questão, indicando que, de uma maneira geral, esses parâmetros foram afetados pela introdução e uso de pastagens.

As pastagens estudadas possuem tempo de pastejo de 20 anos e se associam aos solos pobres em bases, cujo valor do elemento Fósforo foi classificado como baixo para todas as amostras analisadas de acordo com a classificação definida pelo Apêndice E.

Em relação ao potássio, foram encontrados valores menores ou iguais a $1,2 \text{ mmol/dm}^3$, sendo todos os índices das amostras classificados como baixos, segundo o Apêndice E, não havendo diferenças significativas entre os tipos e os diferentes ambientes dos solos. Martinelli et al. (1988) ao estudarem o fluxo de nutrientes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ Na^+) para alguns rios que cortam o Estado de Rondônia sobre diferentes tipos de rocha e solos, concluíram que a maioria era pobre em nutrientes dissolvidos, retratando as formações geológicas e os solos formados nas respectivas bacias de drenagem.

Leprun et al. (1989), ao estudar a composição química de amostras de águas de percolação em diferentes solos do Estado de Rondônia e a sua comparação com a Geoquímica desses solos, evidenciam uma pedo-dependência e uma lito-dependência das águas, revelando aspectos da pedogênese diferenciada sob a Floresta Amazônica. De acordo com o autor, os Latossolos Amarelos e os Podzólicos Vermelho Amarelos desenvolvidos sobre granitos e rocha sedimentares mais ricas em quartzo liberam os valores mais baixos em cátions e sílica. Os valores da lixiviação desses solos relativos às bases (Ca Mg e K) foram calculados como sendo de: 1,34 Kg /ha/ ano para o Podzólico Vermelho Amarelo e de 0,38 Kg/ha/ano para o Latossolo Amarelo

Resultados obtidos por Lopes (1983), envolvendo 518 amostras de solos de cerrado das regiões tropicais, evidenciaram escassez de potássio. O autor observou que 440 amostras apresentaram valores abaixo do índice crítico, $1,5 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$, determinado no trabalho, sendo que um total de 234 amostras, o equivalente a 41%, registraram valores inferiores à metade desse índice. Valores tão críticos quanto esses foram obtidos no presente trabalho, no caso, todas as amostras de potássio para L A e PVAp em pastagem ou floresta tiveram seus índices abaixo do valor crítico, salientado por Lopes, acima citado.

Associamos os baixos e homogêneos valores de Potássio, encontrados nas amostras, ao processo atuante da lixiviação dos solos promovida pela ação do clima tropical úmido que atua na região em associação à pobreza desse elemento no material de origem dos solos, que no caso são Coberturas Sedimentares Indiferenciadas, com idade plio-plestocênica, constituída de materiais que vão desde cascalho até argilas lateritizadas, segundo Scandolara et al.(1999).

Para os valores das amostras de Cálcio e Magnésio, mostrados na Tabela 17, todos apresentaram diferenças significativas, sendo que o Ca^{++} apresentou valores comuns para as áreas de floresta nos dois solos considerados 7,2 e 8,2 $\text{mmol}_e/\text{dm}^3$, não havendo diferenças nesse caso. O valor mínimo encontrado de 5,4 $\text{mmol}_e/\text{dm}^3$ deu-se na área de pastagem do L A como ocorrido para o Fósforo, e o valor máximo ocorreu em área de pastagem de PVAp. Quanto ao Mg^{++} , diferenças significativas ocorreram entre os ambientes para o Latossolo Amarelo, sendo que no Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico os níveis de Mg^{++} se apresentaram sem diferenças nos ambientes de pastagem e de floresta.

Os valores referentes ao PVAp variaram de 4,8 mmol_e/dm³ de Mg⁺⁺ em floresta a 13,2 mmol_e/dm³ de Ca⁺⁺ em pastagem em degradação. Esse índice foi o mais alto encontrado para o Ca⁺⁺, sendo o de 5,7 mmol_e/dm³ para o Mg⁺⁺ em floresta de L A. Entre os fatores que atuam na explicação dos baixos índices obtidos tanto para o Ca⁺⁺ como para o Mg⁺⁺, que são muito grandes em solos tropicais, segundo Malavolta et al (1979), estão os processos de lixiviação e de erosão dos solos.

Quanto às diferenças entre PVAp e o L A, quando comparados em ambiente de uso do solo com pastagens, vemos os valores do Ca⁺⁺ do PVAp serem iguais ou mais que o dobro dos encontrados em L A, como demonstra a Tabela 17, p. 113. Esse fato não alterou o caráter classificatório de baixo (valores entre 0 e 20 mmol_e/dm³), para todas as amostras, de acordo com o Apêndice E. As diferenças com valores altos de Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ observadas na área de pastagem em degradação de PVAp, relacionam-se aos índices de pH mais alto, com média de 4,7, sendo essa superior às encontradas em ambiente de floresta para L A e PVAp.

Essa melhora no índice de pH foi observada em campo nas áreas de pastagem de PVAp, onde foram encontrados vestígios de queimada na superfície do solo, confirmada posteriormente como acidental e ocorrida há aproximadamente 6 anos antes e cuja identificação foi apresentada na análise morfológica dos solos, assinalada na Foto 10 do presente trabalho, e que pôde ter contribuído significativamente para a melhoria dos aspectos químicos do solo em questão.

O assunto sobre o efeito das queimadas para os solos e seus índices de fertilidade é discutido por vários autores, no entanto, regionalmente Serrão et al. (1979), ao realizar estudos em áreas de pastagens na Amazônia, detectaram que o processo de queima pós-derrubada da floresta para formação de pastagens libera nutrientes que são incorporados ao solo, melhorando temporariamente as suas propriedades químicas, principalmente nos primeiros anos pós-queimada.

O trabalho desenvolvido por Falesi (1976), em cronoseqüência de solos em área de pastagem na Amazônia, avaliando a dinâmica do potássio, cálcio e magnésio, mostrou que esses elementos aumentaram pós-derrubada e queima da floresta, devido a deposição das cinzas. Posteriormente, segundo Falesi (1976), esses índices vão diminuindo até atingirem valores mais ou menos estáveis, próximos a 20 mmol_e/dm³ para Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺. Esse valor de estabilidade, citado pelo autor, equivale ao limite máximo para

a classificação de solos definidos como “baixo” índice de Ca^{++} e Mg^{++} , considerando os critérios adotados pela Embrapa/RO, especificados no Apêndice E.

Possíveis contribuições relativas à entrada de Ca^{++} e Mg^{++} nos solos, devido a dejetos e urina dos animais, como apresentado no trabalho de Braz, et al. (2002), foram descartadas, considerando que a área do PVAp está com entrada reduzida de animais há cerca de 3 anos, existindo, atualmente sobre a mesma, uma capoeira rala, apresentada anteriormente na Foto 4.

Entendemos que os valores de Ca^{++} e Mg^{++} promoveram diferenças significativas de uso na área de pastagem de PVAp, estanto tal fato associado à inserção de nutrientes pelo efeito das cinzas oriundas de queimadas ocorridas na área, e que, ao longo do tempo, sofreu perda contínua desses e outros elementos pelos processos de lixiviação, mantendo-se, mesmo assim, com uma diferença de valores em relação às demais situações de uso e ao outro solo considerado no presente trabalho.

Contudo, os valores classificados como baixos foram detectados para todos os nutrientes analisados, evidenciando que as pastagens (atuais) e florestas na Região Amazônica estão estabelecidas, em grande parte, sobre solos pobres em minerais como salientado por Moreira & Malavolta (2002), Demattê e Demattê (1993) e Brasil (1978). Em solos empobrecidos quimicamente, a ciclagem dos nutrientes pode contribuir fortemente na manutenção da floresta tropical existente, como afirmam Gollley et al (1978). Segundo os autores, as liberações anuais pela serrapilheira de Ca, Mg, K e P em florestas tropicais do Panamá eram altas, superiores as de florestas temperadas e compatíveis com as de florestas tropicais da Índia e África para o Fósforo.

A serrapilheira ou litter, a chuva e as raízes profundas são as principais vias para ciclagem de nutrientes nas florestas tropicais úmidas de acordo com Lim (1978), sendo denominado de ciclagem direta de nutrientes o sistema de parar reter e armazenar os nutrientes. Esses nutrientes, oriundos da matéria orgânica morta (serrapilheira) sobre o solo das florestas, são transferidos por fungos e micorrizas para as raízes das árvores segundo Stark et al. (1970) e Primavesi (1981).

A biomassa foliar das florestas tropicais é maior em quantidade, com isso a quantidade de minerais que formam a serrapilheira anualmente também são maiores, mantendo um determinado equilíbrio de trocas entre elementos do meio biótico para o abiótico e vice-versa, promovendo melhores níveis de nutrientes para o solo florestal,

definindo assim parte de um processo denominado de equilíbrio dinâmico, segundo Poggiani & Schumacher (2004).

Esse processo fica claro quando observamos que determinadas espécies de vegetação podem contribuir mais ou menos na melhoria de vários fatores dos solos, entre os quais a fertilidade via decomposição e liberação de material (nutrientes) em quantidade e qualidade variada. Silva (1996) esclarece essa troca na seguinte declaração “cada planta ou grupo de plantas tem uma função no sistema florestal em comum acordo com o solo”. Primavesi (1981) salienta ainda que “existem plantas que mobilizam e acumulam certos minerais e outras que se contentam com um ambiente pobre em nutrientes”.

Os valores de soma das bases, valor S, apresentados anteriormente na Tabela 17, indicam diferenças significativas entre os usos do solo com pastagens, não ocorrendo o mesmo para os ambientes de florestas tanto do L A quanto PVAp. Os valores de S nas pastagens refletem principalmente as seqüências observadas e analisadas anteriormente para K, Ca e Mg. Os valores pouco mais significantes de S, encontrados nas áreas de pastagens do PVAp, devem-se possivelmente aos efeitos da inserção de nutrientes no solo pela queimada ocorrida na área, em associação a pouca entrada de animais, permitindo o desenvolvimento de uma capoeira rala, que, segundo Ewell (1976), pode ter uma capacidade muito mais alta de nutrientes do que áreas de floresta primária. Esses valores são componentes importantes para o cálculo da fertilidade natural dos solos ou valor V%.

Na Tabela 18 adiante, vemos que os resultados observados para matéria orgânica em floresta foram de 26,4 g/Kg no L A e de 28,3 g/Kg no PVAp, não há diferenças significativas entre tais valores, classificados como médios, de acordo com o Apêndice E. O mesmo não ocorre para as áreas de pastagens em L A e PVAp, classificados como baixo pelo mesmo índice. As diferenças se apresentaram em relação aos ambientes de cada solo, ou seja, pastagem diferente de floresta em L A e PVAp.

As comparações entre o pH, apresentadas anteriormente na Tabela 17, e a matéria orgânica mostram similaridade quanto aos valores não significativos entre os mesmos usos em mancha de solos diferentes e valores significativos intra mancha conforme observa-se nas seqüências de letras maiúsculas em pH (A – B / A – B, Tabela 17) e matéria orgânica (A – B / A – B, Tabela 18), evidenciando-se a relação entre valores mais altos de matéria orgânica associados a pH mais ácidos, no caso, com valores de 4,2 para L A e PVAp em ambiente de floresta.

De acordo com Malavolta (1987), a decomposição rápida da matéria orgânica promovida pelas altas temperaturas e umidade na região causa a geração de H^+ , que atua na substituição das bases no complexo de troca, acarretando uma maior acidez ao solo. Com tudo, Boyer (1985), Lopes et al.(1991) e Vale et al. (1993) nos lembram que os valores de pH detectados para a região estão variando no intervalo de 4,0 a 5,0 o que pode ter proporcionado a hidrólise do alumínio com liberação de H^+ , fato também evidenciado nos valores do alumínio trocável (Al^{3+}), todos classificados como altos, segundo o índice de fertilidade do solo (Apêndice E).

Os valores da matéria orgânica nos solos podem ser considerados resultantes do balanço da entrada de material orgânico, restos da vegetação existente e da sua decomposição. Analisando os valores apresentados na Tabela 18, juntamente com os valores do pH, apresentados na Tabela 17, classificados como extremamente a fortemente ácidos para os dois solos em todas as situações de uso consideradas, podem ter criado um ambiente propício para formação de ácido fúlvico, de acordo com Tibau (1987).

A matéria orgânica, cuja classificação dos seus índices variaram entre baixos a médios, ambiente de pastagem e floresta respectivamente, associada ao pH extremamente até muito ácido, encontrado em todas as amostras vistas anteriormente nos Quadros 4, 5, 6 e 7, indica solos com baixa CTC (complexo de troca catiônica), com baixo poder tampão e alta possibilidade de lixiviação das bases (Ca^{++} , Mg^{++} e K), de acordo com Primavesi (1981) e Camargo e Rajj (1979).

De acordo ainda com Primavesi (1981), os ácidos fúlvicos entram na rede cristalina das argilas, mobilizando o ferro e o alumínio ao torná-los trocáveis e mobilizando igualmente o cálcio e o magnésio com que se ligam. Com a formação dos sais de ácidos fúlvicos, os sulfatos, que são móveis, hidrossolúveis e de fácil percolação no solo, promovem a lixiviação e o empobrecimento das bases e suas conseqüências como a acidez pronunciada.

Os teores de acidez potencial, (Al + H), usados basicamente para cálculo da capacidade de troca catiônica (CTC), apresentados na Tabela 18 a seguir, mostram diferenças significativas entre os solos, na pastagem de L A (106,1/ A) e no PVAp (100,7/B). As situações entre floresta não apresentaram diferenças significativas tanto quanto ao ambiente como quanto ao tipo de solo (AB/AB). O maior valor detectado de 106,1

$\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ encontra-se na pastagem de Latossolo e o menor de $100,7 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ de Al + H na pastagem de PVAp.

O Trabalho desenvolvido por Martins, et al. (2006) em áreas de Argissolos e Plintossolos, mostrando as diferenças entre os atributos desses solos e considerando áreas de florestas e campos nativos ao sul do Amazonas, na região de Humaitá, apresentou valores de Al + H significativamente mais elevados em floresta ($190,6 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$) do que em campos naturais ($67,2 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$), para a mesma profundidade aqui analisada, entre 0 – 20 cm.

Tais resultados não foram similares aos desta pesquisa em parte da comparação, porque os valores de Al + H em floresta foram maiores com pouca diferença para o Argissolo e inferior aos resultados obtidos em pastagem de Latossolo. Observando os resultados e associando-os aos índices de matéria orgânica e as suas relações com os solos, vemos, com base nas considerações de Brady (1983) e Primavesi (1981), que genericamente pode haver uma tendência em ocorrer valores mais altos de Al + H em solos mais ricos em matéria orgânica, desde que estejam associados a valores de pH mais baixos.

Tabela 18 – Teste de Tukey Aplicado Soma de Bases, Acidez Potencial, CTC, Al e V%

Matéria Orgânica g/Kg				
Profundidade	Latossolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	13,3 A	26,4 B	15,4 A	28,3 B

Al + H mmol c/dm³				
Profundidade	Latossolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	106,1 A	103 AB	100,7 B	102,9 AB

CTC mmol c/dm³				
Profundidade	Latossolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	115,8 A	116,9 A	119,7 A	117,7 A

Al mmol c/dm³				
Profundidade	Latossolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	37,8 A	27,1 B	32,9 C	25,1 B

V%				
Profundidade	Latossolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	8,4 A	11,9 B	15,9 C	12 B

M%				
Profundidade	Latossolo Amarelo		Argissolo Verm. Amar.	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 20 cm	79,4 A	66,3 B	63,3 B	63,9 B

Médias em mesma linha seguidas de letras maiúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Os valores observados anteriormente nas Tabelas 17 e 18, referentes aos índices de pH e matéria orgânica, em relação a acidez potencial ($Al + H$), evidenciam essa tendência para as áreas de florestas onde temos valores de matéria orgânica mais altos e de pH mais baixos. A capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (CTC) ou Total (T) corresponde ao total de cargas negativas que os solos apresentam, de acordo com Brasil (1978) e Prado (1993), sendo representada pela soma das bases, mas a acidez trocável (Al^{+3}) e a acidez não trocável, que em grande parte está ocupada por H^+ , de acordo com Lopes et al. (1991) e Kinjo (1981).

Os valores da CTC, analisados na Tabela 18, não apresentaram diferenças significativas para os diferentes solos e ambientes considerados na pesquisa. Os valores encontrados mostram variação entre o mínimo de 115,8 mmol_c/dm³ para o L A e o máximo de 119,7 mmol_c/dm³ para o PVAP, ambos em ambiente de pastagem. As diferenças do CTC entre valores médios de florestas foram inferiores a 1 mmol_c/dm³.

Os resultados indicaram uma pequena diferença de CTC total, obtidos para áreas de pastagem em degradação com 20 anos de pastejo no Latossolo e Argissolo, em relação ao ambiente de floresta natural, como demonstrado na Tabela 18. Resultados semelhantes aos observados foram obtidos por Numata et al (2002), analisando áreas de florestas e de pastagens com 10 anos de pastejo, em um Argissolo Vermelho Amarelo e Luvisolo Crômico no Estado de Rondônia. O referido autor salienta o efeito das queimadas, com o aumento dos valores de Ca e Mg, soma das bases e na CTC, quando compara os resultados obtidos entre pastagens recentes com 1 a 2 anos de existência e que sofreram processo de corte e queima da floresta natural existente, antes da implantação das pastagens.

Os valores observados para CTC na Tabela 18 mostram os baixos valores de pH, a redução dos teores de base (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺) para os solos nos dois ambientes, pastagem e floresta, além do aumento de Al trocável em superfície. A capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos ricos em ferro e óxidos de alumínio depende do pH, segundo Young (1976); além disso, os valores de pH baixo elevam as concentrações de íons que são tóxicos para as plantas como o Al⁺⁺⁺. Os valores de alumínio trocável (Al) da Tabela 18 indicaram diferenças significativas entre as áreas de pastagens do L A com 37,8 mmol_c/dm³ e do Argissolo Vermelho Amarelo Álico Plíntico com 32,9 mmol_c/dm³. Valores mais baixos foram encontrados nas áreas de floresta do L A e do PVAp, não apresentando diferenças significativas entre os mesmos.

Os resultados evidenciam que os valores de Alumínio foram mais homogêneos e menores na floresta, contrapondo-se aos valores de pastagem mais altos para ambos os solos. Deve-se considerar, no entanto, que em todas as situações de ambiente e de classe de solos analisados quanto ao Al, os valores encontrados foram classificados como alto segundo IFS da Embrapa/RO (Apêndice E).

De acordo com Primavesi (1981), o alumínio não é essencial para o crescimento das plantas, no entanto, o óxido de alumínio contribui para a boa estrutura dos solos tropicais. A autora esclarece que o alumínio trocável pode causar danos às plantas pela

desidratação e o encolhimento do plasma nas células radiculares, denominado de plasmólise.

O processo de lixiviação das bases, acentuado nas regiões tropicais úmidas, pode ser visto como um dos colaboradores dos altos valores de Al^{+++} registrados. Ao observar anteriormente a Tabela 17, encontra-se valores de soma das bases variando entre 9,8 mmol c/dm³ em ambiente de pastagem em degradação de L A ao máximo de 19,0 mmol c/dm³ em floresta de PVAp, indicando a pobreza química desses solos.

Observações obtidas no trabalho de Greenland & Kowal (1960), determinando a quantidade de nutrientes drenados em áreas de mata, cujos resultados foram expressos em Kg/ha/ano, permitem-nos uma idéia do processo de lixiviação no meio florestal. Os autores apresentaram valores: 20Kg/ha/ano para K; 160Kg/ha/ano para Ca; 24Kg/ha/ano para Mg; 25Kg/ha/ano para S e 2kg/ha/ano para N. Além da lixiviação os resultados podem estar associados à liberação de complexos orgânicos de Alumínio, via decomposição da matéria orgânica, de acordo com Sanches et al (1983) e Primavesi (1981).

A saturação do alumínio determinado pelo cálculo de M% evidenciou a condição de solos álicos com valores de M superior a 50%, de acordo com Prado (1993), para todas as amostras consideradas no L A e no PVAp, conforme pode ser observado nos Quadros 4, 5, 6 e 7, e nas Tabelas 17 e 18. Observa-se que o valor mínimo obtido de M foi de 63,3% (pasto/ PVAp) e máximo de 79,4% (pasto/L A) como exposto na Tabela 14. As diferenças significativas para M% correspondem ao valor mais alto encontrado na área de pastagens de Latossolo, que associa-se na mesma área ao índice mais alto do alumínio trocável (Al = 37,8). Para os demais valores de M% não ocorreram diferenças significativas entre os resultados.

Quanto ao valor V%, que expressa a fertilidade natural dos solos, todas as amostras foram classificadas como distróficas (valor V% inferior a 50%), indicando pobreza das bases existentes nos solos analisados e definindo uma baixa fertilidade natural para o L A e o PVAp. Esses valores já eram esperados em função do pH ter indicado uma forte acidez nos solos.

Os resultados mínimo e máximo para a saturação das bases foram respectivamente de V % = 7,3% para L A e de 12,3 % para PVAp, ambos em área de pastagem em degradação.

Demattê et al. (1988), analisando vários perfis de solos da Região Amazônica, afirmou que os valores de pH variavam predominantemente entre 3,5 a 4,5, sendo a faixa de saturação por base entre 10 e 20%. Aqui os resultados relativos à saturação por base mostram que, com exceção do mais alto valor encontrado de 12,3% no PVAp de pastagem, todos os demais valores foram inferiores a 10%. Os solos das áreas experimentais, independente de classificação e ambiente, foram definidos como álicos e conseqüentemente distróficos.

5. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS ESTUDADOS COM BASE NOS RESULTADOS

5.1. SOLOS E MORFOLOGIA

As litologias presentes nas áreas do Latossolo Amarelo Àlico A moderado textura argilosa (LA) e Argissolo Vermelho Amarelo Àlico plíntico A moderado textura argilosa (PVAp), classificados por Valente et al. (1997), associam-se à Formação Jaciparaná que abrange a maior parte da área do campo experimental da Embrapa em Porto Velho. Os sedimentos que determinam os solos dessas áreas estão associados a processos erosivos e deposicionais com alternância de períodos de clima úmido e seco desde o Pleistoceno Inferior até o Holoceno, de acordo com Payolla (1984), não havendo diferenças quanto ao substrato das áreas analisadas para os solos considerados.

Os critérios para a classificação de solos usados por Valente et al. (1997), podem ser observados em Camargo et al. (1987), Jacomini e Camargo (1996). Como foi citado no início deste trabalho (Tópico 3, item 3.1.1, p. 31), essas normas de classificação em função da evolução do estudo vêm sofrendo modificações ou atualizações em seus critérios de classificação para as diferentes unidades de solos existentes no Brasil. A síntese deste trabalho de décadas gerou o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, publicado em 1999 pela Embrapa e uma 2^o edição, com algumas novas modificações de critérios de identificação em 2006.

O presente trabalho utilizou uma área com mapeamento de solo, realizado por Valente et al. (1997), não sendo seu objetivo classificar os solos estudados e sim avaliar em mancha específicas sua compactação entre 0 a 20cm e 21 a 40 cm de profundidade, entre outros parâmetros físicos considerados e a fertilidade natural entre 0 a 20 cm. Não foram realizadas identificações de horizontes, o que implica em não termos identificado o horizonte diagnóstico de subsuperfície (horizonte B2), que, em função do seu grau máximo de desenvolvimento de cor, textura, estrutura e cerosidade (se ocorrer), é usualmente indicado para classificação, evitando-se o uso dos horizontes de transição como o (B/A) e (B/C), segundo Prado (2003).

Considerando-se tais fatos e os dados do apêndice F, relativos aos perfis utilizados por Valente et al. (1997), para a identificação de um Latossolo Amarelo Àlico, A moderado, textura argilosa e comparando com as modificações realizadas pelo Sistema

Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2006), verifica-se que a sua relação molecular (K_i) foi inferior a 2,0; a sua relação silte/argila menor que 0,7; o valor V% menor que 50%; valores da capacidade de troca catiônica (valor T) inferiores a 17 cmol_c/Kg de argila; sendo o valor médio de alumínio trocável no horizonte A de 2,5 meq(Al)/100ml (25 $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$) e de 20 $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ no horizonte B; com estrutura em blocos sub angulares; com espessura de 200 cm maior que os 50 exigidos; não ocorrendo cerosidade, sendo os valores de alumínio extraível do LA do apêndice F, inferiores a 4 cmol_c/kg , prerrogativa exigida para o caráter Alumínico.

Considerando as opções de identificação de classificação da Embrapa (2006), temos um Latossolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, álico; representado por LAd. A classificação do caráter álico identificada foi redefinida em 5º nível categórico, segundo Embrapa (2006, p. 233).

Com base nos dados utilizados para classificar o PVAp, representado pelo perfil do solo no apêndice F, observa-se que o seu horizonte A tem menos de 15 cm de espessura e mais de 400g de argila/Kg de solo e como tal, de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro e Classificação de Solos, Embrapa (2006):

No que refere a relação textural A/B, onde é especificado que esta se dá pela "média aritmética do teor de argila total do horizonte B (excluindo o BC) pela média da argila total de A. No caso de A ter menos que 15 cm, deve-se considerar a espessura máxima de 30 cm a partir do topo do horizonte B, inclusive o horizonte BA para o cálculo da média de argila no B, (exclusive BC).

A relação calculada foi inferior a 1,5 quando deveria ser superior a esta para se ter a caracterização do horizonte B textural, de acordo com a especificação h e sub item 1 da página 50 da Embrapa (2006). No entanto, a especificação i da referida página diz que quando a relação A/B for inferior aos valores especificados em h, ou menor que (1,5; 1,7 e 1,8), o B textural, deve satisfazer a um dos 4 sub itens de i, apresentados na p. 50/51, no caso o sub item 3, que afirma:

Solos com horizonte B de textura argilosa ou muito argilosa e com estrutura prismática ou em blocos devem apresentar cerosidade no mínimo comum e moderada em um ou mais subhorizontes, da parte superior do B.

Valente et al. (1997) descreve em seu trabalho que o então PVAp apesar da baixa relação textural entre A/B possui cerosidade suficiente revestindo as unidades estruturais. Os dados representativos do perfil PVAp, apresentados no apêndice F, mostram um solo ácido, com baixa saturação por base, com Ki variando de 2,0 para os horizontes Ap e A/B e média de 1,8 entre os horizontes B/A e Bt₄, ou seja, dentro dos limites de 1,0 a 3,0 considerados para a classe, segundo Embrapa (2006); apresentando um horizonte plíntico que não se encontra acima, e nem é coincidente com parte superior do horizonte B textural.

Considerando a classificação de Valente, nos dados do apêndice F, a reclassificação desse solo, de acordo com Embrapa (2006), é de um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico plíntico, textura argilosa, A moderado, álico, representado por PVAd. A classificação do caráter álico identificada anteriormente, foi redefinida como 5º nível categórico, de acordo com Embrapa (p. 233, 2006).

As descrições morfológicas do LAd bem como do PVAd apresentam diferenças principalmente quanto aos aspectos de consistência, porosidade e atividade biogênica. O LAd em área de pastagem, entre 0 a 20 cm de profundidade, apresenta consistência muito firme e extremamente firme, esborroando-se sob forte pressão, não podendo ser esmagado entre o indicador e o polegar sendo fragmentado pedaço por pedaço. Há pouca porosidade nessa camada com sua atividade biológica reduzida, com sinais de compactação e erosão natural.

A camada subjacente entre 21 a 40 cm de profundidade apresenta-se com pouca melhora nas condições de porosidade, umidade, e nas atividades da macro fauna do solo, bem como no menor efeito da compactação. A estrutura em bloco do LAd, na condição de uso de pastagem, parece estar associado a fatores climáticos, ciclos de umedecimento e secagem conforme Moniz (1996), observados pelas gretas de contração existentes. Os efeitos da compactação promovida pelo pisoteio do gado e a condição de umidade do solo, promovem deformações plásticas que podem contribuir, dada à falta de manejo e o tempo, na transformação da estrutura granular pequena para blocos subangulares médios a grandes em superfície, associada a uma estrutura granular característica dos Latossolos, a poucos centímetros abaixo.

O ambiente florestal para os dois solos, diferencia-se do analisado em pastagem, mantendo-se mais úmido, friável, com presença abundante de raízes de diferentes tamanhos e com grande atividade da macrofauna dos solos, com boa porosidade,

melhores condições hidrológicas de infiltração de água, havendo presença marcante de atividade biogênica nas profundidades consideradas.

Comparativamente, as áreas de floresta do PVAd apresentam-se com boa capacidade de infiltração, melhores condições de aeração, bem como maior atividade da pedofauna. Observa-se em campo que a umidade no ambiente florestal de ambos os solos só veio a diminuir em superfície, entre 0 a 10 cm de profundidade, a partir de final de setembro/2006, passando um breve período de ressecamento quando comparada às camadas inferiores e restabelecendo rapidamente a umidade nas primeiras chuvas de maior intensidade, que ocorrem geralmente em final de outubro a início de novembro.

O PVAd, em área de pastagem, apresentou-se de maneira geral com suas características morfológicas e associações com a estrutura do solo, (porosidade e condições de umidade), com maiores valores que o LAd. Esse fato deve estar associado principalmente aos efeitos da baixa presença do gado nos últimos 3 anos nas áreas do PVAd, beneficiando-o quanto aos seus parâmetros físicos e de fertilidade do solo.

A existência e formação de uma camada de serrapilheira mais espessa na pastagem do PVAd quando comparada à área de pasto do LAd foi definida a partir do período de pouco pisoteamento do gado nessa área, o que pode ter contribuído para o aumento do índice de matéria orgânica na pastagem do PVAd com aumento da presença e atuação da macrofauna, principalmente das atividades de formigas e cupins que foram superiores às observadas na pastagem do Latossolo Amarelo.

5.2. SOLOS E PARÂMETROS FÍSICOS

A ênfase dada aos ensaios físicos neste trabalho reporta-se às questões voltadas ao estudo da compactação e às condições de infiltrabilidade de água no solo em áreas com interferência antrópica. Os solos das pastagens, em seus diferentes estágios degradacionais, foram comparados com solos de áreas de floresta natural, sendo que os resultados obtidos foram importantes para a caracterização desses ambientes contrastantes, comuns na paisagem da região.

Nos estudos de Geologia, Geotecnia e Engenharias, as amostras usadas para análises de compactação de solos geralmente são do horizonte B ou mesmo C. Essas amostras são pouco influenciadas pelo teor da matéria orgânica no solo, situação essa contrária às amostras de superfície aqui avaliadas, com camadas que incluíram

predominantemente o horizonte A, onde os efeitos da compactação, provocada por animais, ou mesmo por maquinário agrícola, são mais acentuados, e é onde ocorre também a influência de índices maiores de matéria orgânica que contém essas camadas.

O pisoteio animal promoveu compactação nos dois solos estudados. No LAd, ocorreu o maior valor de resistência à penetração mecânica do solo (RP). Mais de 80% das amostras analisadas encontraram-se entre as classes com maior grau de impedimento ao crescimento radicular de plantas, sendo que os altos índices de densidade aparente observados, bem como a diminuição tanto da porosidade total quanto da umidade foram indicativos da situação de maior RP.

Os efeitos da compactação se estendem para problemas associados à erosão laminar, em função da eficiência da compactação no processo de selagem da superfície de maneira pouco perceptível nas pastagens, onde, em primeiro lugar, ocorre uma diminuição da vegetação existente, acarretando a formação de áreas descontínuas e desprotegidas da maior atuação dos impactos da chuva sobre esses solos, aumentando assim o efeito da selagem e transporte de sedimentos em superfície.

Nas áreas experimentais avaliadas, percebe-se que os efeitos relativos a compactação demonstraram basicamente três estados diferenciados quanto aos seus efeitos críticos sobre os solos: o primeiro diz respeito a uma situação de pastagem com maior compactação que é o caso das áreas de LAd; o segundo é o caso de florestas que não apresentaram diferenças significativas em mais de 95% das relações verificadas entre essas e os solos considerados, não havendo identificação de compactação e sim um possível registro de adensamento do solo por peso das camadas superiores, e em níveis aceitos, no que se refere a valores abaixo de 2,5 MPa, limite crítico de início do processo de crescimento das raízes no solo; o terceiro caso relaciona-se às características inerentes aos processos de ocupação e manutenção das pastagens na região, em solos PVAd, devido ao pouco uso de sua pastagem nos últimos 3 anos, conseguindo com isso pouco efeito da compactação nesse período de quase pousio, o que permitiu melhorias da qualidade física da área em questão, identificadas pelos ensaios e medições comuns a todas as demais áreas estudadas e, considerando ainda os efeitos de queimada que geraram valores diferenciados de condicionantes químicas (bases) avaliadas.

A distribuição em área dos efeitos da compactação nas pastagens e florestas, a partir dos dados da resistência mecânica à penetração do solo (RP), e com base em

interpolação por vizinhos próximos, indica que os índices de compactação mais críticos dentro das áreas experimentais encontram-se associados aos efeitos de atividades antrópicas ocorridas próximas às áreas de experimento, criando condições de maior pisoteamento do solo em determinada direção, bem como pelo efeito do sombreamento promovido por reflorestamento e floresta natural que atingem, em períodos diferentes do dia, partes distintas das áreas de pastagens estudadas. Não ocorre nas florestas efeito de compactação, sendo que os índices mais altos estão associados ao adensamento do solo por camadas superiores.

O PVAd, quando comparado ao LAd de pastagem, apresentou índice de compactação inferior, devido principalmente ao período de quase pousio que esta área passou, permitindo um maior adensamento da vegetação, com valores de matéria orgânica superiores ao da pastagem em LAd, bem como maior quantidade de serrapilheira sobre o solo, mantendo níveis de umidade maiores que dos LAd.

Os índices de umidade do solo, determinados entre o limite inferior e o superior de água disponível, serviram como parâmetros da condição ideal das medições de compactação que foram desenvolvidas, confirmando a melhor condição metodológica da umidade dos solos para verificação da RP, entre a denominada capacidade de campo e o ponto de murcha.

A relação da umidade dos solos comparados aos índices referentes aos limites de liquidez e de plasticidade, tomados como escala de uma classificação qualitativa quanto a condição de capacidade de suporte e de resistência à compressão, mostrou-se aplicável para uma avaliação geral dos solos. A maior ou menor umidade existente em cada um dos pontos, comparados aos índices de LL e LP, permitiu uma referência qualitativa da situação da umidade nas diferentes classes, usos e profundidades dos solos no que se refere a capacidade de suporte e de compressão, sem quantificá-los.

Raízes e dutos gerados por antigas raízes apodrecidas em ambiente de floresta, contribuem com a maior eficiência da infiltração da água no solo, atuando no maior volume e velocidade de água infiltrada, o mesmo ocorrendo em função da porosidade total, dos biodutos promovidos pela macrofauna do solo, em especial as formigas, minhocas e cupins. As raízes mais grossas, dispostas lateralmente a pouca profundidade do solo, são gradativamente expostas em superfície, devido ao deslocamento do solo do entorno. Em função da ação da água, percolando entre as raízes laterais e o solo

circundante, ocorre erosão pontual mais intensa nessa área, levando gradativamente à exposição superficial dessas raízes.

Os resultados da VIB observados em áreas de pastagens foram significativamente inferiores aos das áreas de floresta, confirmando a compactação existente entre esses solos, sendo que o LAd tem a velocidade de infiltração básica inferior aos valores obtidos no PVAd, cuja situação da compactação possivelmente não retrate o seu pior estado, em função dos efeitos do pouco pastoreio na área nos últimos 3 anos.

5.3. SOLOS E FERTILIDADE

O LAd e o PVAd apresentam-se como solos muito intemperizados, extremamente a fortemente ácidos, álicos, com baixos valores para o Fósforo, bem como para os índices que compõe a soma (valor S) e saturação das bases. As pequenas diferenças para maiores valores dos índices das bases do PVAd, em relação ao LAd em áreas de pastagens, associam-se a contribuição das cinzas ocorridas em queimada acidental local, com enriquecimento do PVAd, pela recomposição das bases demonstrada nos valores de S (Tabela 17, p. 113) da área de pastagem do referido solo.

Os índices de matéria orgânica em áreas de pastagens foram classificados como baixo, sendo que nos índices referentes à pastagem do PVAd, os valores encontrados foram maiores que no LAd. Nos ambientes de florestas, a matéria orgânica foi classificada como média para ambos os solos; contrariamente, os valores de pH foram mais baixos em ambiente de floresta do que em pastagem, possivelmente devido às condições mais favoráveis de liberação de H^+ em função da rápida decomposição da matéria orgânica no solo.

Os valores da soma de bases do ambiente florestal, ao que tudo indica, estão associados à contribuição da biomassa foliar e a ciclagem de nutrientes, que os mantiveram superiores aos da pastagem, com exceção da pastagem do PVAd, que se associa a um histórico do uso do solo com queimada acidental na área e pouco pastoreio, nos últimos 3 anos.

Analisando os resultados de fertilidade natural dos solos e os parâmetros físicos considerados para o estudo das áreas experimentais em pastagens e em florestas dos

dois solos, ficou evidenciada a importância e a influência da serrapilheira sobre os resultados da fertilidade e de alguns parâmetros físicos do solo. Para tal, deve-se considerar as interligações possíveis com os processos de reciclagem de nutrientes, como na reposição das bases para o solo, na sua relação junto aos índices de matéria orgânica, nos valores do pH em camadas superficiais dos solos e na conservação e proteção da umidade com seus efeitos sobre os mesmos.

A matéria orgânica com índices entre baixos a médios em ambiente de pastagem e floresta respectivamente, associada ao pH entre extremamente e muito ácido verificado em todas as amostras, indica solos com baixa CTC (complexo de troca catiônica), com baixo poder tampão e alta capacidade de lixiviação das bases (Ca^{++} , Mg^{++} e K). A acidez potencial (Al + H), empregada para calcular a CTC, indicou uma tendência de ser mais alta onde os índices do pH são mais baixos e os da matéria orgânicas mais altos. Os valores do CTC ou valor T não apresentam diferenças significativas entre ambientes, sendo que os menores valores foram encontrados no LAd em pastagem.

Considerando que os solos foram desenvolvidos sobre o mesmo material de gênese (sedimentos indiferenciados) e estão associados a uma atuação climática de lixiviação intensa por até 8 meses por ano, as variações existentes não permitem classificações diferenciadas quanto aos aspectos de fertilidade natural, valor V%, onde ambos os solos foram classificados como Distróficos, ($V\% < 50\%$), ou solos de baixa fertilidade natural. Nesse caso a presença do Al foi medida para se avaliar o grau de toxidez, calculando-se a saturação por alumínio ou valor M%, cujos resultados foram definidos como muito alto para ambos os solos em todos os ambientes estudados, sendo definidos como solos álicos e conseqüentemente distróficos para todos os usos e classes avaliadas.

6. CONCLUSÕES

Considerando que os valores relativos à resistência mecânica à penetração dos solos avaliados foram maiores entre 0 a 20 cm de profundidade, sendo que até os 40 cm esses valores diminuíram, mantendo-se, no entanto, acima de 2,5 MPa, indicando restrição física ao desenvolvimento pleno do sistema radicular, avalia-se que o uso de técnicas de escarificação ou subsolagem devam ser consideradas para soltar as camadas compactadas do solo, levando em conta o período do ano e a sua relação com a umidade e o tipo de cultivo a ser introduzido.

Os resultados da umidade do solo iguais ou abaixo do limite inferior de água disponível (ponto de murcha) atingiram 12% das 144 amostras de Latossolo Amarelo Distrófico típico (LAd) e do Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico plíntico (PVAd) estudadas para os ambientes de pastagem e floresta, evidenciando uma situação de umidade ótima para 88% das demais amostras. Essas condições de umidade indicaram que os valores de RP acima de 2,5 MPa, medidas em campo em ambientes de pastagens, estiveram associados aos efeitos da compactação por pisoteio animal e não devido ao ressecamento natural dos solos.

Os índices de umidade registradas nas áreas de florestas ficaram abaixo do limite inferior de água disponível (ponto de murcha), caracterizando uma boa friabilidade desses solos, que apresentavam grumos mais estáveis, possivelmente associados aos maiores valores da matéria orgânica verificada nos solos dos ambientes de florestas, que podem ter atuado na melhoria da estabilidade da estrutura do desses solos, refletindo nas boas condições de permeabilidade destes ambientes.

Os solos, cujas umidades se encontram até o Limite de Plasticidade para uma situação mais seca, apresentaram maior capacidade de suporte de carga e melhores condições de resistência à compressão, sendo esta situação encontrada predominante nas condições de umidade observadas nas amostras de pastagens do LAd. Observou-se que a relação da melhor eficiência da umidade do solo para o manejo da pastagem de forma a evitar os efeitos da compactação, encontraram-se numa situação de solo mais seco, onde os valores da umidade crítica do Ensaio de Proctor Normal estariam abaixo de 20% para o LAd, e abaixo de 24% para o PVAd, considerando 0 a 20 cm de profundidade.

Os valores de umidades ótima para a identificação do valor máximo da densidade estabelecidos pelo Ensaio de Proctor indicaram uma situação de umidade nos solos

compactado abaixo dos valores médios de capacidade de campo determinada de 34,2 % para o LAd e de 41,5% para o PVAd. Tal situação deve ser considerada no planejamento para intervenções quanto ao manejo das áreas degradadas de pastagens, considerando o momento mais adequado para trabalhar no soltar das camadas compactadas e o de semeadura da cultura indicada para área, dada a necessidade de condições de umidade diferenciada para uma e outra ação.

Os valores da velocidade de infiltração básica em pastagem de PVAd foram em média de 3 a 4 vezes mais rápidos que no mesmo ambiente em LAd. Os menores valores da VIB foram medidos no LAd, que estiveram associados aos altos índices de densidade registrados em pastagem, confirmando a compactação aí existente. Comparativamente no PVAd o efeito da pouca utilização da pastagem nos últimos 3 anos permitiu a formação de uma capoeira rala, promovendo maior índice de matéria orgânica nessa pastagem, contribuindo na melhoria das condições da porosidade, definidos como poros médios a grandes e na possível estabilidade da estrutura do solo permitindo maior capacidade de infiltração, não desconsiderando a compactação verificada no Argissolo, mas registrando que esta foi inferior ao do LAd.

Os solos não apresentaram variações quanto a situação de fertilidade entre pastagem e floresta sendo estes álicos e distróficos. Os valores da matéria orgânica oriunda da serrapilheira existente nas áreas de floresta devem ter contribuído para os resultados mais homogêneos e em geral maiores do que os índices químicos de fertilidade apresentados nas áreas de pastagens nos dois solos considerados.

Os resultados observados mostraram que a maior degradação ambiental foi sobre a mancha do Latossolo Amarelo distrófico em pastagem, seguida das áreas de pastagem do Argissolo Vermelho amarelo distrófico plântico, que por sua vez demonstrou, acidentalmente, que o sistema de pousio, ou como no caso da pouquíssima entrada de animais sobre este solo nos últimos 3 anos, promoveu melhoria dos resultados físicos e químicos gerais.

Considerando as áreas de florestas como parâmetro de comparação com as áreas desmatadas, fica clara a necessidade do maior planejamento do uso da terra, a fim de poupá-la e dessa forma contribuir na redução do desmatamento na região.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1- Elaboração de calendário de campo para realização das medições de RP ao longo do ano, considerando principalmente os períodos extremos de chuva, secos e intermediários, verificando a influência da umidade natural sobre esses resultados e as suas associações sobre o manejo dos solos das pastagens degradadas.

2- Avaliar o ensaio de Proctor Normal, considerando as informações de umidade ótima e compactação máxima, para diferentes tipos de solos, verificando não só a quantidade de matéria orgânica como a determinação dos ácidos fúlvicos e húmicos existentes nas amostras, relacionando-os à estabilidade dos agregados das camadas compactadas..

3- Avaliação da medição da infiltração da água (anéis concêntricos e guelph), nas áreas de pastagens degradadas sobre as camadas compactadas definidas com o uso do penetrômetro de impacto.

7. REFERÊNCIAS

- ABSY, M. L.; VAN DER HAMMEN.** Some paleocological data from Rondônia souther parthern part of Amazon Basin. Acta Amazônica, 6 (3): p. 293 – 299, 1976.
- ABSY, M.L.** Mudanças da Vegetação e Clima da Amazônia durante o Quaternário. Bases científicas para a estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2: 3-10, 1993.
- ADAMY, A. & ROMANINI, S.J. (ORGS).** Geologia da região de Porto velho- Abunã: Folha Porto Velho (sc.20-V-C-V) – Estudos de Rondônia e Amazonas. Porto Velho: CPRM, 273p, 1990.
- AIRES, K.S.** Estudo da viabilidade econômica – financeira de dois modelos de consórcio agroflorestais: Cacau (*Theobroma cacao L.*) x Café (*Coffea arabica*) x Teca (*Tectoma Grandis*) e Cacau (*Theobroma cacao L.*) x Pupunha (*Bractis gasipaes*) x Freijó-Louro (*Cordia alliodora*). Monografia final de graduação – Administração. ULBRA.73p. 2003.
- ALENCAR, A.** O desenvolvimento que queremos: ordenamento territorial da Br – 163, Baixo Transamazônica e Xingu. Meeting report. 29-31 mar. Santarém, PA, 2004.(1)
- ALENCAR, A.; NEPSTAD, N; MCGRATH, D; MOUTINHO, P; PACHECO, P; DIAZ, M.D.CV e FILHO.** Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica. Manaus, Instituto de Pesquisa da Amazônia (ipam),89p, 2004.
- ALMEIDA, F.F.M. de.** Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro. (Boletim, 241). DNPM/DGM, 36p. 1967.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HAU, Y.; BRITO NEVES, B.B.;** The Upper Precambrian of South America. Boletim do Instituto de Geociências da USP.,7, p. 45- 80, 1976.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HAU, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.** Brazilian structural province: an introduction. Earth Science Review, 17, p.1-29, 1981.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HAU, Y.;** O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. 378p. il.
- ÁLVARO-AFONSO, F.M.** Desenho, Monitoramento e políticas públicas para a implantação de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira. I Simpósio sobre sistemas agroflorestais na Amazônia. Anais. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF, 1998.
- AMAZÔNIA.** Em www.amazonianet.org.br . Consultado em 06/02/2007.
- ANJOS, L.H.C.** Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma sequência de solos do terciário na região de Campos - RJ. Itáguai, UFRRJ, 1985. 194p. (Tese M.S.)
- ARAGÓN, A.; GARCIA, M.G.; FILGUEIRA, R.R. & PACHEPSKY, Y.A.A.** Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test; the relationship with organic carbon and water content. Soil Till. Res. 56: 197 – 204, 2000.
- BALL, B.C.; CAMPBELL, D.J. & HUNTER, E. A.** Soil compactibility in relation to physical and organic properties at 156 sites in UK. Soil Till. Res. 57. P. 82 – 91. 2000.
- BARBOSA, G.V.; RENNÓ, C.V.; FRANCO, E.M.S.** Folha S A – 22. Belém. Capítulo 2 – Geomorfologia. Radambrasil, 1 – 36. Rio de Janeiro. 1974.
- BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S.; FREIRE, M.B.G.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F. J.** Características químicas e físicas de um solo sobre floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. Rev. Caatinga, v. 19, n. 4, p. 415 – 425. 2006.

BARREIROS DA SILVA, A.C.L. A Produção de Espaço em Porto Velho – Rondônia. O papel de uma agente múltiplo: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Pós graduação em Geografia – UFRJ, 1993.

BASILE, R.O.N.C.; NEGREIROS, A.B.; MIGUEL, F.L.C.G. A estrutura da Floresta Atlântica de encosta e arquitetura de raízes arbóreas: maciço da Tijuca - RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: v.1, p.1909-1917, 2003.

BASTOS, T.X. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia Brasileira. Bol. Tec. do Instituto Agropecuário do Norte. Belém (59): 86 – 122. 1982.

BASTOS, T.X. e DINIZ, T.D.A.S. Avaliação do clima do Estado de Rondônia para o desenvolvimento agrícola. Embrapa/ Cepatu. 28. 1982.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 5 ed. Viçosa; ufv, Imprensa universitária. 1989. 596p.

BERTOL, I. Degradação física do solo sob a cultura do alho. Revista Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.2, n.2, p.47-50, 1989.

BERTOL, I.; SANTOS, J.C.P. Uso do solo e propriedades físico-hídricas no Planalto Catarinense. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.30, n.2, p.263-267, 1995.

BODDEY, RM.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.C.; REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R.B.; PEREIRA, J.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA,S. Nitrogen in Brachiaria pasture: the key to understanding the process cycling in pasture decline. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 103. p. 389 – 402, 2004.

BORBA, J.C.C. e MOURA, M.A.L. Comparação da estimativa da evapotranspiração Potencial na Amazônia. 1º Congresso de estudantes do LBA – Experimento de Grande escala da Biosfera – Atmosfera na Amazônia. Belém, PA, março de 2002.

BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORREIA, G.F.; BORGES, E.V.S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho escuro textura média. Pesq. Agropecuaria Brasileira, Brasília, V. 34, p. 1663 – 67, 1999.

BOYER, J.L. Dinâmica dos elementos químicos e fertilidade dos solos. Ed. Ilson Carvalho (CPGG/UFBA). 1985. 310p.

BLANCANEUX, P.; FREITAS, P.L de.; ROOSE, E. Avaliação da capacidade de infiltração sob diferentes condições de manejo do solo na região dos cerrados do Brasil. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa, MG, p.1830 – 1832, 1995.

BRADFORD, J.M. The penetration resistance in a spoil with well-defined structural units. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 601 – 606, 1980.

BRADFORD, J.M. PENETRABILITY. In: Klute, A. (Ed.) Methods of soil analysis: Physical, chemical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy. Cap. 1986. 19p. 463-478.

BRADY, N.C. Natureza e Propriedade dos solos. Livraria freitas Bastos S.A. Rio de Janeiro. 6º edição, 1983. 647p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Folha sc. 20 Porto Velho; (Levantamento de Recursos Naturais, v.16) Rio de Janeiro, 850p, 1978.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil Folha NA 20 - Boa Vista e parte das folha NA 21 - Tumucumague, NB 20 -Roraima e NB 21. (Levantamento de Recursos Naturais, 8). . Rio de Janeiro, DNPM, 427p. 1975.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Folha SC - Rio Branco. (Levantamento de Recursos Naturais, 12). Rio de Janeiro, DNPM, 458p. 1976a.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Folha SA 1 - Santarém. (Levantamento de Recursos Naturais, 10). Rio de Janeiro, DNPM, 510p. 1976b.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Folha SC 22 - Tocantins. (Levantamento de Recursos Naturais, 22).Rio de Janeiro, DNPM, 1981. 475p.

BRAZ, S.P.; JUNIOR,D.N.; CANTARUTTI, R.B.; REGAZZI, A.J.; MARTINS, C. E.; FONSECA , D.M.; BARBOSA, R.M. Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Minas Gerais. Revista Brasileira de Zootecnia. Vol. 31, Nº 2, 2002.

BUNTING, B.T. Geografia do solo. Ed. Zahar. Rio de Janeiro. 259p. 1971.

CAMARGO, O.A. & RAIJ, VAN B. Relações entre alumínio trocáveis, bases trocáveis e pH dos solos. Anais XV Congresso Brasileiro de Ciência do solo. 95 – 101. 1979.

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

CAMARGO, O. A. & ALLEONI, L.R.F. Reconhecimento e medida da compactação do solo. Em: http://www.infobios.com/Artigos/2006_2/C6/ndex.htm. Acessado em 30/03/2007.

CAMARGO, E.C.G., DRUCK, S., CÂMARA,G. Análise Espacial de Superfície In: DRUCK, Suzana. (et al.) Análise espacial de dados geográficos, Planaltina, DF: Embrapa Cerrado, p. 77 – 122, 2004.

CARTER, M.R. Relative measures of soil bulk densityto characterize compaction in tillage studies on fine Sandy loams. *Canadian Journal of Soil Science*, 70:425-433. 1990.

CARVALHO FILHO, J.J. Avaliação conjuntural do Polonoeste, Rrelatório 1.5 Fipe. 1987.

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

CARVALLO, H.O.G.; Física dos solos. 1ªed. Campina Grande: UFPB, 2000. 173p.

CASTRO, D.M.; LOMBANA, A. C. Y RUEDA, J.J. Caracterización y Cambios Físicos Producidos por Alteracion del Ecosistema em los Suelos Igara – Paraná (Amazônia Colombiana). In: Actes du XLII Congrès International des Américanistes. Congrès du Centenaire, Paris 2 – 9 de septembre, 1976.

CASTRO JUNIOR, E. O papel da fauna endopedônica na estruturação física do solo e seu significado para a hidrologia de superfície – UFRJ –IG –PGG, Dissertação de Mestrado, 140p, 1991.

CASTRO, E.; MOURA, E.A.F. E SÁ MAIA, M.L. Industrialização e grandes projetos: desorganização e Reorganização do Espaço. Ed. Universitária da UFPA, 1992. 410p.

- CASSETI, V.** Geomorfologia. Em www.funape.org.br/geomorfologia/index.php. Acessado em 15 de outubro de 2006.
- CASSEL, D.K.** Tillage effects on soil physical properties and process. Madison, ASA-SSSA, p.145-167. (ASA Special Publication n. 44).1982.
- CASSEL, D.K.; NIELSEN, D.R.** Field capacity and available water capacity. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. Part.1. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, p.901-926. 1986
- CAUDURO, F. A & DORFMAN, R.** Manual de ensaio de laboratório e de campo para irrigação e drenagem. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) / UFRS. Porto Alegre, RS, 216p. 1986.
- CENTURION, J.F. & DEMATTÊ, J.L.I.** Pesquisa agropecuária Brasileira. Brasília-DF. 27 (2): 315-324. 1992.
- CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO B.P.** Efeitos do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. Rev.bras. Ci. Solo, 9: 1-4. 1985.
- CHANASYK, D.S.; NAETH, M.A. GRAZING.** Impacts on bulk density and soil strenght in the foothills fescue grasslands of Alberta, Canada. Canadian Journal of soil Science, Ottawa, v. 24, n. 2 p. 551 – 557, 1995.
- CHOMITZ, K. E THOMAS, T.S.** Geographic Patterns of Land Use and Land Intensity. World Bank Development Research Group, Draft Paper, Washington, D.C. 2000.
- COCHRANE, T.T.** Understanding and managing acid sols of tropical South America (Entendendo e manejando solos ácidos da América do Sul). In: Rice Production on Acid Soils of the Tropics. PI Deturck and F.N. Ponnampereuma (eds). Institute of Fundamental Studies, Kandy , Sri Lanka. 1991. Pg 113-122.
- COELHO NETO, A.L.** O geocossistema da Floresta da Tijuca. In: ABREU, M.A.A. Natureza e sociedade no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Biblioteca Carioca/IPLANRIO, p.104-142, 1985.
- COELHO NETO, A. L.** Hidrologia de encosta na interfase com a geomorfologia. In: Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. (Orgs) A.J.T. Guerra e S.B.Cunha. Ed. Bertrand Brasil, p. 93 - 148. 1994.
- COLLIS-GEORGE, N. AND LAL, R.** Infiltration and structural changes as influenced by initial moisture content. Australian Journal of Soil Research 9, 107-116.1971.
- CORREA, J.C.** Avaliação da degradação de pasto em um Latossolo Amarelo da Amazô Central. Piracicaba, 111p. Tese. Doutorado em Agronomia, USP. S. Paulo. 1989.
- 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.
- COSTA, L.M. & ABRAHÃO, W.A.P.** Compactação e adensamento de solos relacionados às propriedades químicas, físicas e sedimentológicas. IN: O solo no grande domínio morfoclimático do Brasil e o desenvolvimento sustentado. SBCS, UFV, departamento de solos, Viçosa – MG.p 429 – 443. 1996.
- COSTA, J.B.S; HAUI, Y.** O quadro geral da evolução tectônica da Amazônia. In: SIMPOSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTONICOS, 3, 1991, Rio Claro. Anais. Rio Claro: SBGNúcleo de Sao Paulo, 1991. p. 142-145.

- COSTA, J. B. S.; HAUI, Y.** Evolução geológica da Amazônia. In: Costa, m. l.; Angélica, r. s. (coords.) Contribuições à geologia da Amazônia. Belém, SBG-NO. v.1, p. 15-90. 1997.
- COSTA, N. DE L.** Diagnóstico da pecuária em Rondônia. Porto velho: EMBRAPA-CPAF – RO, 226p. 1996.
- COSTA, N. DE L.** Recuperação de pastagens na Amazônia. IV. Métodos físicos e químicos (2006) <http://agrosotofot.com>. Acessado em janeiro de 2007.
- COSTA, N. DE L.** Soja em Rondônia. Geopolítica da soja na Amazônia. 2004 . www.amazonia.org.br. Acessado em janeiro de 2006.
- 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, N. de L.; PAULINO, V.T.; RODRIGUES, A.N.A.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.** Calagem e adubação de pastagens. In: COSTA, N de L. (Ed.). Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, p.81-115, 2004.
- COSTA, M. L.** Aspecto geológico dos Lateritos da Amazônia. Rev. bras. Geoc. São paulo, 21 (2): 146 -160, 1991.
- COHRON, G.T.** Forces causing soil compactation of agricultural soils. Am. Soc. Agric. Eng., 22: 106 – 122. 1971.
- CHORLEY, R.J.** The Geomorphic significance of some Oxford soils. Anmaerican Journal of saince, vol. 257, 503 – 515. 1959
- CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J.** Manejo sustentado e fertilidade de um latossolo da Amazônia central sob cultivos sucessivos. Bras. Ci. Solo 21 (3): 240 – 273, 1997.
- CUNHA, G.M.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; COSTA, G.S & VELLOSO, A.C.X.** Fósforo orgânico em solos sob florestas montanas, pastagens e eucalipto no Norte Fluminense. Rev. Bras. Ciênc. Solo, vol.31, no.4, p.667-672, jul./ago. 2007.
- CRUZ, O.** Sobrevôo no Território de Rondônia, Norte de Mato Grosso, Sul do Amazonas. Projeto RADAM, (relatório interno, RADAM 1 GM) Belém 1974.
- DEMATTÊ, J.L.I.; DEMATTÊ, J.A.M.** Comparação entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil central. Sci. Agric. Piracicaba, 50 (2): p. 272 – 286. 1993.
- DEMATTÊ, J.L.I.** Manejo dos solos ácidos dos trópicos úmidos da região Amazônica. Campinas.Fundação Cargill, Campinas, 1988. 215p.
- DAY, T.H.** Guide to the classification of Late Tertiary and Quaternary soils of Lovres Amazon Valley. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO)/ Superintendência do Plano de Valorização econômica da Amazônia (SPVEA), 1959.
- DIAS JUNIOR, M DE S. & PIERCE, F. J.** A simples produce for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. Soil Techonology, 8: 139 – 151. 1995.
- DIAS JUNIOR, M. DE S. & PIERCE, F.J.** O processo de compactação do solo e sua modelagem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.20, nº 2, p. 175 – 182. 1996.
- DIAS JUNIOR, M. DE S.** Física do solos. Curso de Pós graduação em solos, Lavras. Universidade Federal de Lavras, 168p. 1996a.

DIAS - FILHO, M.B.; SERRÃO, E.A.S. Limitações de fertilidade do solo na recuperação de pastagem em degradação de capim colonião, em Paragominas, na Amazônia Oriental. Belém: Embrapa – CPATU, Bol. Pesquisa n. 87. 19p. 1987.

DIEBOLD, C.H. Permeability and intake rates of medium textured soil in relation to silt content and degree of compactation. Soil Science Society of America Journal. Madison, 18: 339 – 343, 1954.

DUNNE, T. Relation of hillslope flow processes. In: Hillslope Hydrology, Kirkby, M.J. Ed. John Wiley & Sons, Chichester, 227 – 293. 1978.

DUNNE, T. Relation of field studies and modeling in the prediction of storm runoff. Journal of Hydrology, v. 65, p. 25 – 48. 1983.

EDMOND, D.B. The influence of treading on pasture a preliminary study. N.Z. Journal, v.5. 1958

EMATER – MG. Amostras de solos para análise Química. 2001. Acessado em WWW.emater.mg.gov.br

EMBRAPA. Anais da 1ª reunião de classificação, correlação e interpretação de aptidão agrícola. Rio de Janeiro, SNLCS – SBCS, 276p; 1979a.

EMBRAPA. SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Mapa de solos do Brasil. Coordenado e planejado por M.N. Camargo. Escala de 1: 5.000.000, 1981.

EMBRAPA. Conceituação Sumária de algumas classes de solos recém-reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do SNLCS. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, boletim técnico n.1; 1982.

EMBRAPA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Rio de Janeiro. Levantamento de Reconhecimento de média Intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do Pólo Tapajós. Rio de Janeiro, (Boletim Técnico, 20). 284p, 1983.

EMBRAPA/SNLCS. Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Rondônia. V1. Embrapa/ Governo do Estado de Rondônia. Rio de Janeiro, 1983, (a).

EMBRAPA/CPATU-SNLCS. Indicativo de Atividade Silvo Pastoris para o Estado de Rondônia. V2. Rio de Janeiro, 1983, (b).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia, (Porto Velho/RO). III Plano Diretor da Embrapa Rondônia 2004 – 2007- Porto Velho/RO – 2005. 40p.

EMBRAPA. Criação de Bovinos de Corte no Estado do Pará. Dez. 2006. www.sistemadeprodução.cnptia.embrapa.br. Acessado em 8 de Janeiro de 2007.

EMBRAPA. Informações tecnológicas. Recuperação de áreas degradadas com plantas inoculadoras com microorganismos. www.set.embrapa.br/diacampo/2002.htm. Acessado em 4 de abril de 2007.

EMBRAPA (CNPS). Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília: EMBRAPA; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 412p, 1999.

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

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS (CNPS). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 2ª Ed. 211p. 1997.

- EMBRAPA/SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS (SNLCS).** Manual de método de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. 320p.
- EMBRAPA/SNLCS.** Sumula da X reunião técnica de levantamento de solos . Série Miscelânea, 1. 83p. 1979. (a)
- EVANS, J. W.** The eocks of cataracts of the river Madeira and adjoining portions of the Beni and Mamoré. Quart. J. Geol. Soc. London, 62 : 88 – 124. 1906. In: **BRASIL.** Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. folha sc. 20 Porto Velho; Geologia; Geomorfologia; Pedologia; Vegetação e Uso Potencial das Terras, Rio de Janeiro, 850p, 1978.
- EWELL, J.J.** Litterfall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. J. Ecol. 64. p. 293 – 308, 1976.
- FALESI, I.C.** Ecosistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa – CPATU, 1976. 193p. Bol. Técnico n. 1.
- FEARNSIDE, P.M.** Desenvolvimento da Floresta Amazônica: problemas prioritários para formulação de diretrizes. Acta da Amazônia, Suplemento. Manaus, 9 (4), p.123 – 129, 1979.
- FEARNSIDE, P.M.** Deforestation and international economic development projects in Brazilian Amazon. *Conservation Biology*, v.1, p.214-221, 1987
- FEARNSIDE, P.M.** A floresta Amazônica nas mudanças globais. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas Amazônica (INPA), 134p. 2003.
- FEARNSIDE, P.M.** Deforestation in Brazilian Amazônia: The Effect of Population and Land Tenure. *Ambio*, p. 537 – 545; 2004.
- FEDERER, C.A.; TENPAS, G.H.; SCHMITD, D.R.; TANNER, C.B.** Pasture soil compaction by animal traffic. *Agronomy Journal*, Madison, v.53, p.53--54, 1961.
- FERNANDES, H.C. & LANÇAS, K.P.** Determinação dos níveis de compactação de solo causados pelo tráfego de um forwarder em um latossolo roxo da região de Botucatu/SP. *Rev. Energia na Agricultura*, v. 12 (1): 53 – 60. 2001.
- FERNANDEZ MEDINA, B.** Influência de dois métodos de preparo de áreas na compactação de um Latossolo Amarelo. In: CAMARGO, O. A. & ALLEONI, L.R.F. – Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba, S.Paulo, 132p. 1997.
- FERREIRA, M. R.** A ferrovia do Diabo. Ed. Melhoramentos. São Paulo, p. 443, 1959.
- 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 da Amazônica* 28 (4). P. 395 – 408; 1998.
- FIGUEIREDO, L.H.A.** Propriedades físicas e mecânicas de um Latossolo Roxo submetidos a diferentes sistemas de manejo. Lavras. UFLA. 68p. Dissertação de Mestrado.1998.
- FIGUEIREDO, L.H.A.; DIAS JUNIOR, M.S.; SANTOS, G.A, & BUENO FILHO, J. S. S.** Efeitos dos manejos do solo na densidade do solo máxima e umidade ótima de compactação, usando ensaio de proctor normal, em um Latossolo Roxo. *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Poços de caldas* v. 4, p. 103 – 105, 1998.
- FISCH, G; LEAN, J.; WRIGHT, J.R.; NOBRE, C.N.** Simulações climáticas do efeito do desmatamento na região amazônica: Estudo de caso em Rondônia. *Revista brasileira de Meteorologia*, 12 (1): 33 – 48. 1997.

FONSECA, O.O.M. Caracterização e classificação de solos latossólicos e podzólicos desenvolvidos nos sedimentos de terciário no litoral brasileiro. Itáguai, RJ, UFRRJ. 185p. Dissertação em Agronomia. 1986.

GAMA da S.M.J. Aspéctos climáticos de Porto Velho-Ro. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. 4p 2005.

GAMA da S.M.J. Boletim Climatológico de Rondônia- 2006. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. 38p 2007.

GERARDI, L.H. O & SILVA, B.C.M.N. Quantificação em Geografia. Ed. Difel, 1981. 160p.

GIRACCA, M. N. E. ANTONIOLLI, Z. I.; ELTZ, F. L.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S. F.; VENTURINI, E. F.; BENEDETTI, T. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudos - RS. Revista Brasileira de Agrociencia 9 (3): p. 257-261, 2003.

GOLDEN software, inc. surfer for windows-user guide. golden: golden software, SURFER 8.0. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. Colorado, U.S.A., 2002.

GOLLEY, F.B., MCGINNIS, J.T., CLEMENTS, R.G., CHILD, G.I. E DUEVER, M.J. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. E.P.U./ EDUSP. 256p. 1978.

GOODLAND, R.; IRWIN, H. A selva Amazônica: do inferno verde ao deserto vermelho. São Paulo. Ed. USP, 156p. 1975.

GUERRA, A. J.T. E CUNHA, S. B DA (ORGS). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 372p. 1996.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. (Orgs) A.J.T. Guerra e S.B.Cunha. Ed. Bertrand Brasil, p. 149 – 209. 1994.

GUERRA, A. T. Observações Geográficas sobre o Território do Guaporé. R. Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, 15 (2): 183 – 302, abr/jun, 1953.

GUIMARÃES, F. de M.S. Território do Guaporé. B. Geográfico. Riop de Janeiro, 2 (18) 852 – 858, set, 1944. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. folha sc. 20 Porto Velho; Geologia; Geomorfologia; Pedologia; Vegetação e Uso Potencial das Terras, Rio de Janeiro, 850p, 1978.

GRADWELL, M.W. Soil moisture deficiencies in puddled pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research, New Zealand, v.9, p.127-136, 1966

GREEN , W. H.; AMPT, C.A. Studies on Soils Physics I. The flow of Air and Water through Soils. Journal Agr. Science, IV (Part I): 1-24. 1911. IN: Zuquette, L.V. e Palma, J.B. - Avaliação da condutividade hidráulica em área de recarga do aquífero Botucatu. R. Esc. Minas, Ouro Preto, 59(1): 81-87, jan. mar. 2006.

GREENLAND, D.J. & KOWAL, J.M.L. Nutrient content of the moist tropical forest of Gana. In: Demattê, j.l.i. Manejo de solos ácidos dos Trópicos úmidos – região Amazônica. Campinas, Fundação Cargill, 1988. 104p.

GROHMANN, F., QUEIROZ NETO, J.P. Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes de arroz. Boletim científico do Instituto agrônômico do Estado de são Paulo, Campinas, v. 25, nº 38, p.421 – 431. 1966.

GROSS BRAUN, E.H. E ANDRADE RAMOS, J.R. Estudo Agroecológico dos campos Puciari – Humaitá – estado do Amazonas e Território federal de Rondônia. Rer. Brasileira de Geografia, ano XXI, nº4; p443 – 497. 1959.

GRUPO DE RECURSOS HÍDRICOS (GRH/UFBA). Departamento de hidráulica e saneamento. Universidade Federal da Bahia. In: [www.grh.ufba.br/download/2005.2/Apostila\(cap.5\).pdf](http://www.grh.ufba.br/download/2005.2/Apostila(cap.5).pdf). Acessado em 27 de março de 2007.

HAFFER, J. Speciation in Amazônian forest birds. Science 165: 131-137, 1969.

HAFFER, J. Quaternary history of Tropical America, p. 1-18, in: Biogeography and Quaternary History in Tropical America (eds. Whitmore, T.C. and Prance, G.T.), Clarendon Press, Oxford. 1987.

HILLEL, D. Soil and water: physical principles and processes. New York, Academic Press, 1971. 288p.

HORTON, R. E. An Approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity. Soil Science Society of America Proceedings, v.5, p. 339-417, 1940.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & TORMENA, C.A. Spatial heterogeneity of soil properties in áreas under elephant-grass short-duration grazing system. Plant Soil, 219:161-168, 2000.

IPEAN. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte – Solos da Estação Experimental de Porto Velho – Território Federal de Rondônia. Solos da Amazônia n.1. Belém, Pará. 102p. 1967.

ISOTTA, C.A.L.; CARNEIRO, J.M.; KATO, H.T.; BARROS, R.J.L. Projeto Provincia Estanifera de Rondonia. Relatório Final. Porto Velho: CPRM, 1978. 16v., il. (Convenio DNPM/CPRM).

JACOMINE, P.K.T. Conceituação sumária de classes de solos e critérios para subdividi-las. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 69p., 1979.

JARBAS, T.; MANZATTO, C.; STRAUCH, J.; LIMA, E. Assim, vamos aprender sobre os solos! Disponível em: <www.cnps.embrapa.br/search/mirins/mirim01/mirim01.html> Acesso em 20 de agosto. 2002.

JENNY, H. Factors of soil formation – A system of quantitative Pedology. McGraw – Hill Book Co Inc, N. York 1941.

JORGE, J. A. Solo manejo e adubação. 2º edição. S. Paulo. Ed. Nobel, 1983. 225 p.

KERN, D.C.; COSTA, M.L. Composição química de solos antropogênicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivados de lateritos. *Geociências*, 16(1): 141-156. 1997.

KINJO, T. Conceito de acidez dos solos. In: B. van Raij. (coord). Simpósio sobre acidez e calagem no Brasil. Sociedade Brasileira de Ci. do Solo, Campinas, SP, p. 23 – 31, 1981.

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

KIEHL, E.J. Manual de Edafologia. Ed. Ceres. 1979. 262p.

KONDO, M.K. & DIAS JUNIOR, M.S. Efeito do Manejo e da umidade no Comportamento compressivo de três Latossolos. Rer. Bras. de Ci. do Solo, 23: p497-506. 1999.

KUX, H.J.H.; BRASIL, A.E.; FRANCO, M.S.M. Geomorfologia da folha SC.20-Guaporé. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.20-Guaporé. Rio de Janeiro, 1979 (Levantamento de Recursos Naturais, 19)

LANDIM, P.M.B. Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomática Texto Didático 02, 20p. 2000. WWW.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html.

LARSON, W. E.; EYNARD, A.; HADAS, A. & LIPEC, J. Control and avoidance of soil compaction in practice In: **NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C.E. G.R.**, Eds. Tópicos em Ciência do solo. V.1 p. 55 – 94, 2000.

LAURENCE, W.L.; ALBERNAZ, A.K.M; FEARNSIDE, P.M.; VASCONCELOS, H; FERREIRA, L.V. in Amazônia. Science 304, 1109 – 1111; 2004.

LAURANCE, W. F. "Reflections on Tropical Deforestation crisis". *Biológica Conservation*, n. 91, pp. 109-117. 1999.

LAURANCE, W. F.; COCHRANE, M. A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P. M.; DELAMÔNICA, P.; BARBER, C.; D'ANGELO, S. E FERNANDES, T. "The Future of The Brazilian Amazon". *Science*, n. 291, p. 438-439. 2001.

LAPPONI, J.C. Estatística usando o Excel. 2º Reimpressão. Rio de Janeiro : Elsevier, 2005. 476p.

LEITE, J.A. e MEDINA, F.B. Efeito do sistema de manejo sobre as propriedades físicas de um Latossolo Amarelo do Amazonas. *Pesq. Agrop. Brasileira.* Brasília, v. 9, nº 11, p. 1417 – 1422, 1984.

LEITE, L.L. E FURLEY, P. A. Land development in the Brazilian Amazon. Blacksburg, Virginia. USA. 1983.

LEMONS, R.C. DA., E SANTOS R.D. DOS. Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo. SBCS/SNLCS, Campinas, 2º edição. 45p. 1982.

LÉNA, P. & DE OLIVEIRA, A.E. Amazônia: a fronteira 20 anos depois. Edt. Cejup, Emílio Goelt, Pará. 363p; 1992.

LÉON, L. A.; HAMMOND, L.L. Phosphorus limitations and management considerations. In: COCHRANE, T.T.; SÁNCHEZ, L.G.; AZEVEDO.; L.G. PORRAS, J.A.; GAVER, C.L. (ed) Land in Tropical América. P. 100 – 110, 1985.

LEONEL, M. Colonos contra Amazonidas no Polonoroeste: Uma advertência às políticas públicas. Em: Amazônia: a fronteira agrícola 20 anos depois. Philippe Léna, Adélia Eugrécia de Oliveira (Organizadores). 2ª ed. Belém: CEJUP, Museu Paraense Emílio Goeld, 1992. 126p.

LEPRUN, J.C., SANTOS, R.D. , CERRI, C.C. Composição das águas de percolação de solos do Estado de Rondônia. *Geochimica Brasilienses*, 3 (1), p. 23 – 31. 1989.

LEPSCH, I. F. Solos: formação e conservação. 2. ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1976. 97p.

LEPSCH, I.F. Formação e Conservação dos Solos. S. Paulo: Oficina de Texto, 2002. 178p.

LIM, M. T. Litterfall and mineral nutrient content of litter in Pasoh Forest Reserve. *Nat. Ecol. J.* 30, p. 275 – 80. 1978.

LIMA E SILVA, P.P. DE.; GUERRA, A.J.T.; MOUZINHO, P. (ORGN). BUENO, C., ET. AL. Dicionário Brasileiro de ciencias ambientais. Ed. THEX, Rio de Janeiro, 247p, 1999.

- LOBATO, F. de P.N.S ET ALII.** Pesquisa de cassiterita no Território Federal de Rondônia. Relatório Final. Div. Fom. Prod. Mineral. Rio de Janeiro, 125. 191p; 1967.
- LOBRY de BRUYN, L.A.** Ants as bioindicators of soil function in rural environments. Agriculture, Ecosystems & Environment. V. 74, issue 1 – 3, p. 425 – 441, 1999.
- LONGO, R.M.** Modificações em parâmetros físicos e químicos de latossolos argilosos decorrentes da substituição da floresta amazônica e do cerrado por pastagens. Tese de Doutorado, FEAGRI/UNICAMP, Campinas. 100p. 1999.
- LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R.** Alterações em características químicas de solos da região amazônica pela introdução de pastagens. *Acta Amazônica*, 30: 71-80. 2000.
- LOPES, A.S.; SILVA, M.C & GUILHERME, L.R.S.** Acidez do solo e calagem. ANDA, S.Paulo. Boletim técnico n. 1, 22p. 1991
- LOPES, A. S.** Solos sob cerrado: Características, propriedades e manejo. Ed. Instituto Brasileiro de Potassa e Fosfato, Piracicaba, SP, 1983. 157p.
- MACHADO, P.L.O. 2002.** Plantio direto: situação atual e desafios. On line disponível em: www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/faqfert3/facfert3.html. Acessado em 15 de setembro de 2005.
- MAGALHÃES, R. P.; MOLIN, J.P. GUSTAVO, FAULIN, G.D.C.** Relação entre o índice de cone, teor de água, textura e matéria orgânica do solo em semeadura direta. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola 25 a 29 de julho – Canoas – RS, 2005.
- MALAVOLTA, E.** Fertilidade dos solos da Amazônia. In: **VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C.** (Ed.). Amazônia: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo: Agronômica Ceres, p.374-416. 1987.
- MAHAR, D. J. & DUCROT, C. E. H.** "Land-use zoning on tropical frontiers. Emerging lessons from the Brazilian Amazon", in Economic Development Institute of the World Bank. EDI Case Studies, 1999, p. 1-25.
- MARTINELLI, L. A.; FERREIRA, J. R.; VICTORIA, R. L.; MORTATTI, J.; FORSBERG, B. R.; BONASSI, J. A.; OLIVEIRA, E. e TANCREDI, A. C.** Fluxo de nutrientes em alguns rios do Estado de Rondônia, bacia do Rio Madeira. *Acta Limnol. Brasil*, vol. 11, p. 911-930, 1988.
- MARTINS, G. C.; FERREIRA, M. M.; CURI, N. VITORINO, A. C. T.; SILVA, M. L. N.** Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos. *Cienc. agrotec. Lavras*, v. 30, n. 2, p. 221 – 227, março/abril de 2006.
- MELO, D.P.; COSTA, R.C.R.; E NATALI FILHO, T.** Geomorfologia da folha SC.20-Porto Velho. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.20-Porto Velho. Rio de Janeiro, 1978.
- MENTGES, M.I.; FONTANELA, E.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SUZUKI, L.E.A.S.** Densidade Máxima pelo ensaio de Proctor normal para seis solos em diferentes manejos e sua relação com o teste de compressão uniaxial. XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 5 a 10 de agosto, 2007.
- MERCOESTE.** Perfil Competitivo do Estado de Rondônia/Mercoeste-rondônia. Brasília, 108p. 2002.
- MILLER, W. F.** Volume changes in bulk density samples. *Soil Science*, v. 102, p. 300-304, 1966.
- MONIZ, A.C.** Elementos de Pedologia. São Paulo, Pplígono, Ed. Universidade de São Paulo. 312p. 1972.

- MONIZ, A.C.** Evolução de conceitos no estudo da gênese de solos. R. Brasileira de Ciências do Solo. Campinas, 20: 249 – 362, 1996
- MORAES, M H.; VILLAS BÔAS, R.L.; BREDI, C.C. ELIAS JUNIOR, R.C. LUNA, P.E.V.; PRADO FLHO, R.S.** Efeito da compactação superficial do solo no desenvolvimento inicial e no estado nutricional de plantas de feijoeiro. Ver. Eng. Agrícola. Jaboticabal. V. 17, n. 4. P. 35 – 43, 1998.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.** Variação das propriedades químicas e físicas do solo e na matéria orgânica em agroecossistema da Amazônia Ocidental (Amazonas). Piracicaba: 79p. Dissertação de Mestrado. USP-CENA, 2002.
- MOREIRA, J. A, A., OLIVEIRA, I. P, DE. GUIMARÃES, C.M. E STONE, L.F.** Atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho distrófico sob Pastagens Recuperada e Degradada. Pesq. Agrop. Tropical, 35 (3) 152 – 162, 2005.
- MÜLLER, M. M. L.; GUIMARRÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F.S.** Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 36, n. 11, p. 1409-1418, nov. 2001.
- MÜLLER, M.M.L.; GUIMARÃE, M.F.; DESJARTINS, T.; MITJA, D.** The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian Amazon: a case study. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 103, p.278-289, 2004.
- NEPSTAD, D,C.; MOREIRA, A.G.; ALENCAR, A.A.** Flames in the rainforest : origins, impacts and alternatives to Amazônia fires. Brasília: The pilot program to Conserve the Brazilian Rain Forest, 1999. 190p.
- NETTO, A. A.; FERNANDES, E.J.** Condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho em pousio e cultivo intensivo. Pesquisa agropecuária Brasileira. V. 40. n. 8, p. 797 – 802. 2005.
- NUMATA, I.; SOARES, J.V. & LEÔNIDAS, F.C.** Comparação da fertilidade do solo em Rondônia com diferentes tempos de conversão de floresta em pastagem. Revista brasileira de Ciência do solo. 26. p. 949 – 955. 2002.
- ODUM, H.T.** Rain forest structure and mineral cycling homeostasis. In: Odum, H.T e Pigeon , R.F. A tropical rain forest. USAEC, 1970.
- OLIVEIRA, J.B.,JACOMINE, P.K.T, CAMARCO, M.N.** Classes Gerais de Solos do Brasil. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- OLIVEIRA, E. L; PARRA, M. S; COSTA, A.** Amostragem de solo para análise química: Plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina. IAPAR, Instituto agrônômico do Paraná, 1996.
- OLIVEIRA JUNIOR, R.C. ;VALENTE, M.A.; RODRIGUES, E.T.; DA SILVA, J.M.L.** Caracterização da infiltração em cinco perfis de solos do nordeste Paraense. CD. Anais do XXVI Cong. Brás. De Cienc. do Solo. Rio de Janeiro. 1997.
- OLIVEIRA, S.J.M.; VALENTIM, J.F.; BARIONI, L.G.; ABREU, U.G.P.; ROSTAND, A.R.** Pecuária e Desmatamento: Mudanças no uso do solo em Rondônia. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco – Acre de 20 a 23 de julho de 2008. www.saber.org.br/palestra/9/427.pdf. Acessado em setembro de 2008.
- PALMA, J,B E ZUQUETTE, L.V.** Avaliação da condutividade hidráulica em solos, não saturados, em diferentes tipos de usos – Bacias Hidrográficas do Córrego Vaçununga, (Luis Antônio-S.P). Simp. Brás. de solos não saturados. S. Carlos. S. Paulo. 2004

PAYOLLA, B.L. As rocha graníticas e sieníticas das cachoeiras Teotônio e Santo Antônio, Rio Madeira, porto Velho, Rondônia: geologia, petrografia e geoquímica. Brasília. Dissertação de Mestrado, IG da UNB, 145p, 1994.

PAYOLLA, B.L. Estratigrafia preliminar e ambientes de sedimentação dos depósitos esaníferos secundários nos distritos de Cachoeirinha. In: Symposium Amazônico. Manaus. Anais , 2. MME/DNPM, p. 359 – 373, 1984.

PEDROTTI, A. Avaliação da Compactação de um Planossolo submetido a diferente sistemas de cultivo. Pelotas-RS. 96p. tese . 1996.

PINKAS, J. O Alto Madeira. R. Soc. Geogr. Rio de Janeiro, 3: 269 309, 1887. In: **BRASIL.** Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. folha sc. 20 Porto Velho; Geologia; Geomorfologia; Pedologia; Vegetação e Uso Potencial das Terras, Rio de Janeiro, 850p, 1978.

PINTO, A. Q. Hydrographia do Amazonas e seus Afluentes. Rio de Janeiro, Inpr. Nacional, 1930, v2. In: **BRASIL.** Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. folha sc. 20 Porto Velho; Geologia; Geomorfologia; Pedologia; Vegetação e Uso Potencial das Terras, Rio de Janeiro, 850p, 1978

PINTO, C.S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. 2° edição, Ed. Oficina de Texto, 2002. 355p.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Nutrient cycling in native forests. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). Forest nutrition and fertilization. Piracicaba: IPEF, p.285-306. 2004.

PRADO, H. Região Norte In: www.pedologiafacil.com.br/enq_17.phh, Acessado em 15 de março de 2008.

PRADO, H. Manual de classificação de solos do Brasil. Jaboticabal. FUNEP, 1993. 218p.

PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico do Solo: Agricultura em regiões tropicais. s. paulo. ed. nobel. 3° edição. 1981. 541p.

PROFFITT, A.P.B., BENDOTTI, S., HOWELL, M.R. AND EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth fof a red-brown earth. Aust. J. Agri. Res. 44: 317 – 331. 1993.

QUADROS, M.L.E.S. Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Estado de Rondônia. Organizado por Marcos luiz do Espirito Santo Quadros e Gilmar José Rizzoto. CPRM. 116p, 2007.

R-2.4.0, R-Project, 2005 (versão livre).

REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. USPCNEN e Fundação Cargill. Piracicaba. 286p. 1975.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. Ed. Malone. 1987. 188p.

REICHARDT, K E TIMM, L.C. Solo, planta e atmosfera. Conceitos, processos e aplicações. Barueri, S.P. Manole, 2004. 478p.

RIZZINI, C.T. Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Âmbito Cultural edições. 1997. 747p.

RODIN, L. E. E BAZILEVICH, N.I. Production and mineral cycling in terrestrial vegetation. Edimburgh. Oliver and Boyd, 1967.

RONDÔNIA. Governo do Estado de Rondônia. Zoneamento Agro-Ecológico de Rondônia. Secretaria Estadual de Agricultura, convênio: CEPA/RO – PPEA/CNPq, 242 p. Porto Velho, 1983.

RONDÔNIA. BOLETIM CLIMATOLÓGICO DE RONDÔNIA. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). Porto Velho, 32p. 1999/2000.

RONDÔNIA. BOLETIM CLIMATOLÓGICO DE RONDÔNIA. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). Porto Velho, 32p. 2003.

RONDÔNIA, GOVERNO DO ESTADO DE SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL – SEDAM. Desmatamento em Rondônia. Porto Velho, Rondônia, 56p. 1995.

RONDONIA (2008). www.rondonia.ro.gov.br/noticias . Acessado em 7 de novembro de 2008.

SALATI, E. Modificação na Amazônia nos últimos 300 anos: suas conseqüências sociais e ecológicas. Palestra. Em: Tropicália – www.tropicália.org.br/conferencia/1987. Visitado em julho de 2007.

SALATI, E.; JUNK, W.J.; SCHUBART, H.O.R.; E DE OLIVEIRA, A.E. Amazônia: desenvolvimentto, integração e ecologia. CNPq, Ed. Brasiliense, 1983. 327p.

SALATI, E.; MARQUES, J.; MOLION, L.C.B. Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. Interciência, 3: 200 – 206. 1978.

SALATI, E.; RIBEIRO, M. DE G. Estratégia para política florestal na Amazônia Brasileira. Acta Amazônica, v.9, n. 4, p. 15 – 22. Suplemento. 1979.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, R. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho Escuro de Eldorado do Sul - RS. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.19, n.2, 1995.

SANCHES, P.A. Estratégia de Produção de pastagens para solos ácidos da América Tropical baseado na utilização de leguminosas. Bol. Informativo da Sociedade Brasileira de Ci. do Solo. Campinas, 7(1) Jan/abr, 1982.

SANCHES, P.A.; VILLACHICA, J.H. & BANDY, D.E. Soli fertility after clearing a tropical rainforest in Peru. Soil Sci. Soc. Am. J., 47: p.1171 - 1178, 1983.

SANTOS, C. A. Comportamento hidrológico superficial, subsuperficial e a erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, distrito de Ouro Preto – MG. Dissertação de Mestrado. UFOP, Depto. Geologia - Evolução crustal e recursos naturais. 108p. 2001.

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

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTO, G.J.; BAHIA, R.B.C.; QUADROS, M.L.do E.S.; SILVA, C.R. da; AMORIM, J.L. de. Mapa Geológico do Estado de Rondônia. Escala de 1: 1000.000. Porto velho: CPRM, 1999.

SENE, M.; VEBRASKAS, M.J.; NADERMAN, G.C. & DENTON, H.P. Relationships of soil texture and struture to corn yield response to subsoilling. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 49: p. 422 – 427. 1985

SERRÃO, E.A.S.; FALESÍ, I.C.; BEIGA, J.B.; TEIXEIRA, J.F. Protuctivity of cultivated pasture in low fertility soils of the Amazon of Brazil. In: sanches, P.A. & Tergas, L.E. ed. Pasture Production in soil of Tropics, 1979. p. 195 – 226.

SIAD – Sistema Integrado de Alerta de Desmatamento. In: III Seminário Técnico – Científico de Análise dos Dados Referentes ao Desmatamento na Amazônia Legal. INPE, S. José dos Campos. Junho/2005.

SIOLI, H. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river sources, and river types. Pages 127-165 In Sioli, H. [ed.] *The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin* (Monographiae Biologicae v.56). Dr. W. Junk Publishers. The Netherlands, 1984.

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Managment versus inherent soil properties effects on bulk density and relative compaction. *Soil & Tillage Research*, v.44, p.81-93, 1997.

SILVA, R.C. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um Chenossolo pela introdução da pastagem no Município de Itapetinga, Bahia. Ilhéus, Bahia. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da Universidade estadual de S. Cruz, UESC, 88p. 2002.

SILVA, L.F. Solos tropicais aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo: ed. Terras Brasilis, 1996. 137p.

SILVA FILHO, E.P.; CARNEIRO, E.X.P E CARNEIRO, C. Avaliação da compactação de solos em áreas de pastagem no Município de Porto Velho – RO- Amazônia ocidental. Primeira Versão, ano II, nº 108, agosto de 2002. ed. Eudfro. 2002.

SILVA FILHO, E.P.; LOCATELLI, M.; CODEIRO, I.; NÓBREGA, C.A.; VIEIRA, A.H. Compactação de solos em sistemas agroflorestais no Município de Porto Velho – Rondônia. In: XVI Encontro Nacional de Conservação de solos e águas. Aracaju – Sergipe, 24 a 27 de julho, 2006.

SILVA, R.C., PEREIRA, J.M. ARAÚJO, Q.R., PIRES, A.J. V., DEL REI, A.J. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um chernossolo com diferentes coberturas vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, V. 31, n.1. 2006.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S, M. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – In: MAGALHÃES, R. P.; MOLIN, J.P. GUSTAVO, FAULIN, G.D.C.- Relação entre o índice de cone, teor de água, textura e matéria orgânica do solo em semeadura direta. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola 25 a 29 de julho – Canoas – RS, 2005.

SOANE, B. D. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. *Soil til. Res. Amsterdam* 16: 179 – 201p. 1990.

SOARES, J. P. G.; TOWNSEND, C. R. ; COSTA, N. C. Recuperação de Pastagens em Rondônia. 2003. www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/artigos. Visitado em março de 2006.

SOUZA, E.C de.; ET AL. Projeto Noroeste de Rondônia. Relatório Final. Porto Velho. DNPM/CPRM, 1975. v.1.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P. Caracterização física em solo da unidade de mapeamento São Jerônimo – RS (Paleudult), em três sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v2, p.170 -175, 1978.

SOUZA FILHO, P. W. M; SANTO QUADROS, M. L.; SCANDALORA, J. E.; SILVA FILHO, E. P.; & REIS, M.R. Compartimentação Morfoestrutural e Neotectônica do Sistema Fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia – Brasil. *Rer. Brasileira de geociências*, v. 29, nº4, p 469-476, 1999.

SOUZA, R.S. Poço 03PV-17-RO. Vila Residencial/Base Aérea de porto Velho. Relatório Final. CPRM. 25p. 1984.

- SOMBROEK, W.G.** Amazon soil: a reconnaissance of the soil of the Brazilian Amazon region. Wageningen, Center of agriculture Publication and Documentation, 292 p. 1966.
- SMUCKER, J.A. & ERICKSON, A.E.** Tillage and compactive modifications of gaseous flow and soil aeration. In: Soil Mechanics and Related Processes in Structured Agricultural Soils, p. 205 – 222, 1989.
- SCHAEFER, C.E.R.; SILVA, D.D.; PAIVA, K.W.N.; PRUSKI; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; ALBUQUERQUE, M.A.** Perdas de solos, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho Amarelo sob chuva simulada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37 (5): 669 – 678, 2002.
- SCHUBART, H. O.** Critérios Ecológicos para o Desenvolvimento Agrícola das Terras firmes da Amazônia. Acta d Amazônia 7 (4), p. 559 – 567. 1977.
- SCHUBART, H.O.** Ecologia e Utilização da Floresta In: Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia. Eneas Salati... [et al.]. – São Paulo: Brasiliense; Brasília: Conselho de desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1983.
- STARK, N & SPRATT, M.** Root biomass and nutrient storage in rain forest oxisols near S. Carlos de Rio Negro. Trop. Ecol. 18. p. 1 – 9, 1970.
- STEPHANE, R.** Agropecuária na Amazônia. Agencia amazônica. Acessado em 25 de setembro de 2008.
- STOLF, R.** Teoria e teste experimental de fórmula de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.15; nº 3; set/dez; p.229 – 235. 1991.
- STOLF, R.; FERNANDES, J. & FURANI NETO, V.L.** Guia do Usuário penetrômetro de impacto KAMAQ. 2004. 20p.
- STOLF, R; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V.L.** Penetrômetro de Impacto IAA/PLANALSUCAR – Stolf; recomendação para seu uso. STAB, Piracicaba, 1 (3): p 18 – 23. 1983.
- STOLF, R. & FAGANELLO, B. F.** Utilização do penetrometro de impacto IAA/PLANALSUCAR – STOLF, na recomendação do preparo do solo na Usina Nossa Senhora Aparecida. (Pontal, S.Paulo). STAB, Piracicaba 1(6): 11 – 23. 1983.
- SUGUIO, K.** Introdução à Sedimentologia. Ed. Eduard Blücher, 2º edição. 1973. 317p.
- TANIGUCHI, M.** Surface Hydrological responses to land cover land use change. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1997. 226p.
- TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. de L.; MENDES, A. M.; PEREIRA, R. G. de A.; MAGALHÃES, J. A.** Limitações nutricionais do solo sob pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Porto Velho, Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 255).
- TECNOSOLO.** 2º Aproximação do Zoneamento Sócio – Econômico – Ecológico do Estado de Rondônia. Relatório Final – 1998.
- THORNTHWAIT, C.W. & MATHER, J.R.** Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and water balance. 1957. In **MATHER, J.R.** Climatology: Fundamentals and applications. Nova Iorque. Mcgraw-Hill, 1974.
- TIBAU, A. O.** Material orgânico e fertilidade do solo. 2º Ed. S. Paulo, Editora Nobel, 1987. 220p.
- TOPP, G.C & ZEBCHUK, W.** The determination of soil water desorption curves for soil cores. Can. J. soil sci.,59:19-25, 1979.

- TUCCI, C.A.F.** Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia. UFV, Tese de doutorado. Viçosa, MG. 144p. 1991.
- UHLAND, R.E.** Rapid method for determining soil moisture. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, v.15, p.391-393, 1951.
- UHL, C.; BUSCHBACHER, R. AND SERRAO, E.A.S.** Abandoned pasture in eastern Amazônia. I. Patterns of plant succession. Journal of Ecology, 76: 663 – 681. 1988.
- USDA.** Soil survey manual. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 437p. (Handbook, 18) 1993.
- VALE, F.R.; GUILHERME, L.R.G. & GUEDES, G.A.A.** Fertilidade do Solo - Dinâmica e Disponibilidade de Nutrientes de Plantas. Lavras, ESAL/FAEPE, 1993. 171 p.
- VALENTE, M.A.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; SILVA FILHO, E.P.; RODRIGUES, E.R.; SNATOS, 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.
- VARGAS, M.** Introdução a mecânica dos solos. S. Paulo. Ed. Cgraw-hill do Brasil. 1978. 215p.
- VAZ, C.M.P.; PRIMAVESI, O.; PATRIZZI, V.C.; LOSSI, M.F.** Influência da umidade na resistência do solo medida com penetrômetro de Impacto. Comunicado Técnico n. 51. Ebrapa, S. Carlos, 5p. Outubro de 2002.
- VIEIRA, L.S. E SANTOS, P.C.D.C.** Amazônia seus solos e outros recursos naturais. Ed. Agrônômica Ceres. S. Paulo. 1987. 412p.
- VILLA NOVA, N.A.** Principais métodos de estimativa de aplicação de água de irrigação. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, 22p. 1987.
- WEIRICH NETO, P.H.W.; DA ROSA, A.L.T.; GOMES, J.A.** Suscetibilidade de dois solos à compactação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.6, n.2, p.349- 352.2002.
- WILLATT, S.T. & D.M.PULLAR.** Changes in soil physical properties under grazed pasture. Australian Journal, soil Research, 22(4): 343 – 348, 1983.
- WINTER, E.G.** A água, o solo e a planta. E.P.U. EDUSP. 1976. 169p.
- WHITE, R.E.** The influence of macropores on the transport of dissolved and suspended matter through soil. Adv. in Soil Sci. 3: 95-119. 1985.
- YOUNG, A.** Tropical Soils and Soil Survey. CambridgeUniversity Press, Cambridge, Reino Unido. 468 p. 1976.
- YOUNG, R. A.; VOORHEES,W.B.** Soil erosion and runoff from planting to conopy development as influenced by tractor wheel traffic. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v. 25, n.3, p. 708-712. 1982.
- ZHANG, H.; HARTGE, K.H. & RINGE, H.** Effectiveness of organig matter incorporation in reducing soil compactability. Soil Sci. Soc. Am. J., 61: 239 – 245. 1997.

8. APÊNDICE

A - Quadro de Dados de Densidade Aparente

Índices de Densidade Aparente									
Prof.	L A		PVAp		Prof.	L A		PVAp	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta		Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 10 cm	1,64	1,07	1,36	1,12	21 a 30 cm	1,62	1,07	1,27	1,09
	1,69	1,15	1,30	1,13		1,68	1,18	1,20	1,08
	1,71	1,25	1,39	1,18		1,63	1,13	1,26	0,93
	1,70	1,11	1,26	1,25		1,68	1,06	1,22	1,01
	1,67	1,07	1,34	1,10		1,63	1,17	1,27	1,06
	1,66	1,06	1,32	1,32		1,67	1,03	1,24	1,13
	1,55	1,21	1,31	1,14		1,57	1,25	1,26	1,16
	1,55	1,31	1,36	1,03		1,53	1,18	1,18	1,09
	1,53	1,27	1,32	1,21		1,60	1,13	1,12	1,07
	1,56	1,09	1,29	1,11		1,63	1,31	1,16	0,98
	1,64	1,20	1,31	1,24		1,61	1,23	1,26	1,13
	1,60	1,21	1,32	1,22		1,72	1,04	1,29	1,15
	1,46	1,10	1,42	1,12		1,55	1,21	1,30	1,11
	1,48	1,01	1,33	1,29		1,55	1,05	1,22	1,23
	1,51	1,12	1,34	1,03		1,57	1,05	1,19	0,91
	1,54	1,00	1,34	1,22		1,49	1,11	1,29	0,99
	1,50	1,09	1,34	1,06		1,59	1,18	1,31	0,93
1,39	1,18	1,26	1,14	1,41	1,05	1,27	0,90		
11 a 20 cm	1,63	1,05	1,21	1,16	31 a 40 cm	1,65	1,03	1,32	1,20
	1,78	1,18	1,13	1,16		1,62	1,12	1,27	1,17
	1,64	1,15	1,27	1,15		1,62	0,99	1,34	1,06
	1,74	1,07	1,26	1,14		1,59	1,13	1,26	1,10
	1,65	1,18	1,16	1,16		1,60	1,15	1,32	1,15
	1,70	1,04	1,35	1,27		1,55	1,12	1,30	1,23
	1,57	1,27	1,32	1,16		1,53	1,23	1,31	1,25
	1,53	1,17	1,31	0,92		1,47	1,41	1,23	1,17
	1,61	1,16	1,27	1,16		1,58	1,36	1,18	1,17
	1,63	1,33	1,34	1,13		1,51	1,31	1,20	1,08
	1,66	1,24	1,26	1,21		1,64	1,08	1,30	1,23
	1,72	1,07	1,27	1,23		1,57	1,33	1,35	1,27
	1,55	1,21	1,41	1,04		1,53	1,13	1,37	1,20
	1,58	1,15	1,19	1,25		1,45	1,15	1,28	1,32
	1,59	1,05	1,26	0,97		1,55	1,11	1,27	0,99
	1,50	1,19	1,23	1,11		1,43	1,00	1,37	1,08
	1,62	1,03	1,33	1,03		1,58	1,09	1,39	1,02
1,42	1,32	1,29	1,04	1,41	1,10	1,34	1,00		

B - Quadro de Dados de Porosidade Total

Índices de Porosidade Total									
Prof.	L A		PVAp		Prof.	L A		PVAp	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta		Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 10 cm	33,12	50,34	44,71	52,15	21 a 30 cm	35,02	50,09	42,22	50,85
	20,46	47,12	39,63	54,22		26,01	50,10	46,17	51,71
	24,25	42,78	44,83	51,35		33,57	48,18	43,92	56,81
	24,26	50,81	48,69	52,61		24,37	56,49	43,59	52,99
	24,39	54,74	46,12	55,56		35,15	47,21	42,71	52,85
	21,34	52,94	43,20	50,93		25,89	60,90	44,68	54,61
	37,36	47,12	47,23	52,69		39,37	56,20	49,07	50,54
	36,86	50,66	43,24	54,89		36,37	54,04	46,08	54,41
	34,57	49,29	42,52	52,12		34,89	56,97	43,66	53,97
	36,35	55,93	44,55	55,40		32,68	52,94	37,59	54,56
	28,86	45,15	46,93	49,45		32,56	48,32	43,14	50,57
	33,60	48,67	43,63	50,35		32,38	49,94	41,66	52,25
	33,60	51,34	42,69	55,51		41,93	50,27	44,73	51,54
	35,86	50,99	46,95	51,6		35,62	55,91	43,43	52,56
	47,27	50,43	45,79	52		40,35	48,33	49,39	52,56
	42,92	53,64	46,63	53,67		39,23	53,46	48,61	52,8
	40,48	51,71	44,08	55,45		40,19	51,84	47,46	53,21
37,64	49,12	46,51	55,21	37,85	56,78	48,36	56		
11 a 20 cm	31,92	49,72	48,09	50,21	31 a 40 cm	30,85	58,03	43,09	51,85
	17,02	48,95	48,06	53,12		26,94	51,67	45,67	53,72
	33,43	44,87	46,15	50,08		31,53	55,17	43,57	54,13
	19,58	55,57	46,43	51,23		30,94	53,91	44,79	52,99
	34,94	48,17	50,05	49,04		32,21	52,36	46,28	53,85
	22,14	58,66	45,47	51,52		34,94	55,18	45,65	53,61
	37,58	52,16	43,20	52,39		39,33	53,03	46,93	50,54
	37,44	53,21	45,12	56,28		41,26	45,51	45,60	52,6
	32,33	52,97	45,80	53,6		36,10	47,53	43,11	52,61
	34,23	50,25	38,10	53,95		36,48	48,04	44,50	54,56
	27,07	44,73	45,95	50,94		32,86	54,44	43,07	50,17
	31,01	49,00	44,14	51,8		31,69	57,90	41,32	50,25
	39,27	52,74	40,45	56,41		40,14	55,96	42,11	51,54
	35,72	51,53	39,46	50,77		37,99	51,06	44,32	51,53
	38,58	50,87	45,71	52,07		38,90	53,48	48,45	52,46
	36,98	49,88	45,53	54,15		39,76	49,03	43,40	52,8
	37,89	42,95	46,57	56,22		37,65	53,76	44,30	54,39
38,24	53,73	45,09	54,43	41,52	54,39	44,65	54		

C - Quadro de Dados de Resistência à Penetração

Índices de Resistência à Penetração (MPa)									
Prof.	L A		PVAp		Prof.	L A		PVAp	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta		Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 10 cm	6,62	1,16	5,28	0,86	21 a 30 cm	4,60	1,39	4,60	1,09
	10,67	1,29	3,92	0,99		7,30	1,49	2,57	1,19
	11,35	1,77	5,28	1,47		6,95	1,41	3,25	1,11
	10,67	1,25	2,57	0,95		8,65	1,34	2,57	1,04
	9,55	1,16	5,28	0,86		6,46	1,46	3,92	1,16
	8,26	1,16	3,92	0,86		6,95	1,01	2,57	0,71
	5,69	1,52	3,25	1,22		3,62	1,95	3,92	1,65
	4,23	1,77	5,28	1,47		2,48	1,51	2,57	1,21
	5,05	1,67	3,92	1,37		4,41	1,43	1,90	1,13
	5,27	1,17	2,57	0,87		4,60	2,73	1,90	2,43
	6,62	1,51	3,25	1,21		4,81	1,64	3,92	1,34
	6,62	1,77	3,92	1,47		10,68	1,08	5,95	0,78
	3,92	1,29	5,95	0,99		3,08	1,53	7,30	1,23
	4,6	1,14	4,60	0,84		2,68	1,22	3,25	0,92
	4,6	1,22	5,28	0,92		3,39	1,13	2,57	0,83
	5,69	1,11	4,60	0,81		2,39	1,39	6,63	1,09
4,6	1,18	3,92	0,88	4,10	1,52	7,98	1,22		
3,92	1,39	2,57	1,09	2,31	1,29	3,92	0,99		
11 a 20 cm	6,69	1,19	5,28	0,89	31 a 40 cm	9,14	1,05	3,25	0,75
	12,70	1,46	2,57	1,16		3,92	1,24	2,57	0,94
	8,65	1,33	5,28	1,03		4,65	0,94	5,28	0,64
	11,35	1,22	4,60	0,92		3,48	1,29	1,90	0,99
	9,33	1,41	3,25	1,11		3,92	1,34	3,25	1,04
	10,00	1,08	7,98	0,78		3,14	1,19	2,57	0,89
	5,46	1,64	5,95	1,34		2,89	1,34	3,25	1,04
	5,28	1,39	5,28	1,09		2,57	3,36	1,90	3,06
	5,80	1,36	4,60	1,06		3,92	1,89	1,22	1,59
	6,63	2,73	7,30	2,43		2,62	1,47	1,90	1,17
	9,33	1,53	4,60	1,23		6,68	1,06	3,25	0,76
	10,68	1,29	5,28	0,99		3,24	1,47	3,92	1,17
	5,28	1,51	10,00	1,21		2,72	1,29	5,28	0,99
	5,46	1,34	3,92	1,04		2,39	1,34	2,57	1,04
	5,52	1,18	5,28	0,88		3,14	1,16	1,90	0,86
	3,39	1,49	4,60	1,19		2,1	0,97	5,28	0,67
5,95	1,08	5,95	0,78	3,36	1,11	7,30	0,81		
1,78	1,95	5,28	1,65	1,7	1,15	3,25	0,85		

D - Quadro de Dados de Umidade Atual

Índices de Umidade Atual									
Prof.	L A		PVAp		Prof.	L A		PVAp	
	Pasto	Floresta	Pasto	Floresta		Pasto	Floresta	Pasto	Floresta
0 a 10 cm	23,03	29,32	30,66	38,12	21 a 30 cm	21,20	24,75	36,31	42,46
	16,16	35,18	27,13	41,16		19,81	36,72	35,11	44,11
	14,24	36,65	23,16	42,47		18,22	36,18	33,47	42,43
	12,21	38,11	32,87	43,28		15,64	33,05	26,79	42,15
	16,56	33,55	33,50	43,70		18,17	36,94	31,94	41,98
	15,36	30,22	32,12	39,12		13,45	34,62	32,76	45,94
	30,70	31,40	35,64	43,69		33,09	34,52	39,24	42,16
	25,06	32,85	21,83	46,62		24,95	25,00	30,22	44,23
	25,56	34,41	32,83	42,14		29,89	36,99	33,76	45,16
	27,55	28,99	34,60	43,78		21,60	47,68	27,70	42,51
	19,64	33,24	33,46	40,60		24,71	15,33	31,94	42,86
	14,27	38,43	34,93	42,48		14,78	25,45	33,16	45,21
	17,77	35,74	33,35	48,23		27,60	39,82	33,68	39,87
	17,42	33,15	33,41	46,08		23,25	34,66	32,29	44,17
	28,89	31,08	36,24	41,15		24,65	30,84	37,47	37,87
	21,79	39,35	35,67	41,17		22,41	33,81	37,95	41,53
	21,09	33,54	25,66	38,3		19,10	37,18	37,31	37,2
16,93	29,09	33,31	39,61	22,82	35,94	35,98	37,1		
11 a 20 cm	18,92	27,84	33,92	39,59	31 a 40 cm	20,95	27,48	35,82	42,46
	11,14	35,73	30,08	43,72		14,42	30,16	33,45	44,11
	18,69	32,83	31,50	41,77		21,92	27,80	33,65	38,43
	12,04	30,89	33,84	42,96		20,83	37,11	32,09	41,24
	18,45	37,22	33,06	37,51		22,88	36,27	33,49	41,98
	12,93	31,30	35,83	45,31		27,24	34,40	34,78	44,94
	32,50	34,65	34,33	41,62		33,64	28,52	40,27	44,16
	25,33	27,24	18,30	44,92		27,82	35,68	29,84	44,23
	26,84	32,57	34,38	43,80		30,14	31,07	30,04	43,80
	20,14	42,94	34,63	43,84		20,93	32,23	29,85	43,51
	21,18	16,95	33,05	41,85		26,63	38,34	33,37	42,86
	14,95	24,06	34,83	44,11		14,03	26,95	34,20	43,21
	26,33	39,84	32,90	45,93		29,81	30,75	31,36	44,56
	23,41	33,43	30,98	43,55		26,13	34,64	33,39	44,17
	22,31	31,99	36,34	39,31		25,02	27,97	36,57	37,77
	22,09	37,15	32,32	40,62		25,40	29,49	36,01	39,59
	18,29	31,41	31,92	37,95		20,23	33,03	35,20	37,2
20,77	30,83	34,01	38,79	24,66	35,99	34,02	36,1		

E - Índices Químicos para Fertilidade dos Solos – EMBRAPA (RO)

pH		Fósforo (P)	Potássio (K)
Menor que 4,3	Extremamente ácido	De 0 a 10 mg/dm ³	De 0 a 1,20 mmolc/dm ³
De 4,3 a 5,3	Fortemente ácido	De 11 a 30	De 1,21 a 3,80
De 5,4 a 6,5	Moderadamente ácido	Acima de 30	Acima de 3,81
De 6,6 a 7,3	Praticamente neutro		
De 7,4 a 8,3	Moderadamente alcalino		
Acima de 8,3	Fortemente alcalino		

Cálcio + Magnésio (Ca+Mg)		Alumínio (Al)	Matéria Orgânica (MO)
De 0 a 20 mmolc/dm ³	Baixo	De 0 a 3,0	Abaixo de 17,0 g/Kg
De 21 a 60	Médio	Acima de 3,0	De 17,1 a 35,0
De 61 a 100	Alto		Acima de 35,0
Acima de 100	Muito Alto		

Fonte: Laboratório de solos da Embrapa/RO

F - Dados Analíticos dos Perfis de Solos Mapeados por Valente et al. 1997.

Horiz.	Prof. (mm)	%		pH		V		100 Al+++		%	P	Ki	Silte Argila
		Silte	Argila	H ² O	S	%	T	S+Al+++	C				
LATOSSOLO AMARELO ÁLICO A moderado textura argilosa													
Ap	0 - 9	25	45	4	1,2	9	13,5	65	2,89	2,2	9	1,92	0,55
AB	9 - 18	27	49	4	0,3	3	10,3	88	1,41	2,3	2	1,86	0,55
BA	18 - 35	23	51	4,4	0,3	3	8,5	87	0,71	2,1	1	1,72	0,45
Bw1	35 - 69	25	51	4,2	0,3	3	9,2	87	0,96	2,1	1	1,72	0,49
Bw2	69 - 105	24	52	4,6	0,3	4	7,1	86	0,45	1,9	1	1,73	0,46
Bw3	105 - 155	23	57	4,7	0,2	3	5,9	90	0,35	1,8	1	1,56	0,4
BC	155 - 200+	26	52	4,7	0,2	3	5,6	89	0,19	1,7	1	1,57	0,5

Horiz.	Prof. (mm)	%		pH		V		100 Al+++		%	P	Ki	Silte Argila
		Silte	Argila	H ² O	S	%	T	S+Al+++	C				
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO plíntico A moderado textura argiloso													
Ap	0 - 3	41	41	5	2,2	17	12,7	29	4,26	0,9	13	2,01	1
AB	3 - 8	40	45	4,2	0,5	5	9,9	82	1,62	2,3	2	2	0,89
BA	8 - 25	38	45	4,2	0,3	3	9,3	88	1,34	2,3	2	1,8	0,84
Bt1	25 - 51	37	47	4,6	0,3	4	7,9	88	0,86	2,3	1	1,89	0,79
Bt2	51 - 79	35	49	4,7	0,2	3	7	92	0,54	2,5	1	1,85	0,71
Bt3f	79 - 111	34	53	4,9	0,2	4	5,3	93	0,38	2,8	1	1,92	0,64
Bt4f	111 - 151	34	54	5	0,2	3	6,2	94	0,28	3,4	1	2,01	0,63
BC	151 - 200+	27	62	5	0,2	3	7	96	0,21	4,8	1	1,93	0,43