FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
Núcleo de Ciência e Tecnologia

ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DOS SOLOS NA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO MADEIRA

TATIANE RODRIGUES LIMA

Porto Velho (RO)
2008

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
Núcleo de Ciência e Tecnologia

ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DOS SOLOS NA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO MADEIRA

TATIANE RODRIGUES LIMA

Orientador: Dorisvalder Dias Nunes

Dissertação de Mestrado apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, área de concentração em Diagnóstico Ambiental e Biodiversidade para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

Porto Velho (RO)
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

LIMA, Tatiane Rodrigues

Aspectos Físicos e Químicos dos Solos na Planície Fluvial do Rio Madeira

Orientador: Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes.

Dissertação de Mestrado – Núcleo de Ciência e Tecnologia da Fundação Universidade Federal de Rondônia.

TATIANE RODRIGUES LIMA

ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DOS SOLOS NA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO MADEIRA

Comissão Examinadora

_____
Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos

_____
Prof. Dr. Norton Roberto Caetano

_____
Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes
(Orientador)

_____
- Pós Graduado (a) -

Porto Velho, _____ de _____ de _____.

Resultado:

_____

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Rondônia;

Ao Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental;

Aos colegas e amigos da Universidade;

A todos os professores da graduação em Ciências Biológicas;

A Embrapa-RO e aos técnicos do Laboratório de Solos;

Aos meus orientadores e co-orientadores;

Ao Programa Brasileiro de Iniciação Científica - PIBIC

E por fim, mas em primeiro lugar, à família, que me apoiou ao longo do meu ciclo de aprimoramento emocional e intelectual.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO 11

2. OBJETIVOS 13
2.1 Objetivo Geral 13
2.2 Objetivos Específicos 13

3. ÁREA DE ESTUDO 14

4. REFERENCIAL TEÓRICO 17
4.1 Desenvolvimento e Externalidades Ambientais no Rio Madeira 17
4.2 Hidrelétricas do Alto Rio Madeira e a Geração de Externalidades Negativas para Jusante 19

5. HIDROSSISTEMA DO RIO MADEIRA: ASPECTOS AMBIENTAIS 30
5.1 Geologia e Geomorfologia 33
5.2 Solos 37
5.3 Vegetação 39
5.4 Clima 40
5.5 Hidrogeoquímica do Rio Madeira 42

6. ESTRUTURA E FORMAÇÃO DOS SOLOS NA PLANÍCIE FLUVIA 45
6.1 Propriedade Química 48
6.2 Propriedade Física 50
6.3 Propriedade Físico-Química 53

7. MATERIAIS E MÉTODO 55
7.1 Fase I: Levantamento dados Primários – Solos da Planície Fluvial do Rio Madeira 56
7.2 Fase II: Levantamento de dados Secundários – Parâmetros da Água do Rio Madeira 64
7.3 Fase III: Relacionamento dos Indicadores da Fertilidade dos Solos 65

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO 66
8.1 Caracterização Geral do Levantamento dos Solos na Planície Fluvial do Rio Madeira 66
8.1.1 Trecho entre Porto Velho-RO e Humaitá-AM 66
8.1.2 Trecho entre Humaitá e Novo Aripuanã – AM 74
8.1.3 Trecho entre Novo Aripuanã e Foz do Rio Madeira 87
8.1.4 Análise geral dos solos amostrados na área de estudo – Porto Velho à Foz do Rio Madeira 96
8.2 Caracterização Hidrogeoquímica das Águas e Sedimentos do Rio Madeira 98
8.3 Relacionamentos entre os Indicadores de Fertilidade 100
8.4 Aspectos da variabilidade granulométrica e a estimativa de impactos 104

CONCLUSÃO 108

CONSIDERAÇÕES FINAIS 110

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 111

LISTA DE FIGURAS, QUADROS, TABELAS e MAPAS

FIGURAS

Figura 01. Localização da área de estudo: planície fluvial do Rio Madeira a jusante de Porto Velho- RO 14

Figura 02. Início da Planície Amazônica a 40 km à jusante da cidade de Porto Velho-RO ... 15

Figura 03. Vegetação de várzea. Embaúba – *Cecropia palmata*. Planície Fluvial do Rio Madeira / Distrito de Santo Carlos / Município de Porto Velho-RO 16

Figura 04. Localização do projeto de construção das Hidrelétricas Santo Antônio e Jirau no Alto Rio Madeira, Município de Porto Velho-RO 21

Figura 05. Impactos previstos pelo EIA das Usinas Hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau 22

Figura 06. Localização da Área de Influência Direta (AID) da barragem de Santo Antônio 23

Figura 07. Localização da Área de Influência Direta (AID) da barragem de Jirau 24

Figura 08. Localização da Área de Influência Indireta (AII) das barragens de Santo Antônio e Jirau 25

Figura 09. Níveis de degradação por processos erosivos no leito de rios a jusante de barragens 26

Figura 10. Fluxograma dos impactos cumulativos para jusante, a partir da construção das Hidrelétricas do Alto Rio Madeira 27

Figura 11. Hidrovia do Madeira - Eixo Extremo-Oeste de Desenvolvimento 28

Figura 12: Variáveis ambientais que condicionam a formação dos solos no ambiente de várzea do Rio Madeira 31

Figura 13. Compartimentação morfoestrutural do sistema fluvial Guaporé- Mamoré-Alto Madeira 34

Figura 14. Relação entre o regime fluvial e pluviosidade na planície fluvial do Rio Madeira 42

Figura 15. Grade de classificação das frações granulométricas do solo 51

Figura 16. Adsorção de Cátions na Superfície da Partícula de Argila 52

Figura 17. Fluxograma Metodológico 55

Figura 18. Coleta e análise dos dados primários – métodos empregados no levantamento pedológico 56

Figura 19. Bateria de amostras de solo para análise química - Laboratório de Solos da EMBRAPA/RO 63

Figura 20. Propriedade de uma família tradicional ribeirinha situada sobre deposição sedimentar às margens do Rio Madeira- Distrito de São Carlos – Município de Porto Velho-RO 66

Figura 21. Uso do solo para cultivo de açaí - *Euterpe oleracea* - sobre deposição sedimentar às margens do Rio Madeira - Distrito de São Carlos – Município de Porto Velho-RO..... 67

Figura 22. Fertilidade Natural da Classe Neossolos Flúvicos na Várzea do Rio Madeira..... 96

Figura 23. Bases trocáveis em Neossolos Flúvicos - Várzea do Rio Madeira 97

Figura 24. Variação sazonal dos sedimentos em suspensão no Rio Madeira..... 98

Figura 25. Variação sazonal da turbidez nas águas do Rio Madeira 99

Figura 26. Valores de Ca; Mg; K nas águas do Rio Madeira - período de cheia 100

Figura 27. Regressão linear entre MO (g/kg) e CTC (mmolc/dm^3) em amostras superficiais de Latossolos 101

Figura 28. Regressão linear entre MO g/kg e CTC(mmolc/dm$^{3)}$em amostras superficiais de Argissolos 102

Figura 29. Regressão linear entre MO (g/kg) e CTC (mmolc/dm^3) em amostras superficiais de Neossolos 103

Figura 30. Similaridade entre as amostras dos solos da planície fluvial do Rio Madeira..... 104

Figura 31. Variação das frações nas amostras superficiais dos Latosslos..... 105

Figura 32. Variação das frações nas amostras subsuperficiais dos Latossolos 105

Figura 33. Variação das frações nas amostras superficiais dos Argissolos..... 105

Figura 34. Variação das frações nas amostras subsuperficiais dos Argisslos 105

Figura 35. Variação das frações nas amostras superficiais dos Neossolos Flúvicos..... 106

Figura 36. Variação das frações nas amostras subsuperficiais dos Neossolos Flúvicos 106

QUADROS

Quadro I - Sedimentos em suspensão no Rio Mamoré e Madeira 44

Quadro II – Reações químicas nos Solos Tropicais 46

Quadro III – Critérios de Essencialidade dos Elementos Minerais 47

Quadro IV – Etapas da descrição de um perfil em barranco 61

Quadro V – Etapas da descrição do perfil em trincheira 62

TABELAS

Tabela I - Planilha de dados físicos, químicos e físico-químicos dos perfis de solo amostrados na planície fluvial do Rio Madeira entre Porto Velho-RO e Humaitá-AM 69

Tabela_II - Planilha de dados físicos, químicos e físico-químicos dos perfis de solos amostrados na planície fluvial do Rio Madeira entre Humaitá e Novo Aripuanã-AM 77

Tabela III - Planilha de dados físicos, químicos e físico-químicos dos perfis de solos amostrados na planície fluvial do Rio Madeira entre Novo Aripuanã-AM e a Foz do Rio Madeira 94

MAPAS

Mapa I – Levantamento dos solos na Planície do Rio Madeira – Porto Velho /RO a Humaitá 58

Mapa II – Levantamento dos solos na Planície Fluvial do Rio Madeira – Humaitá a Novo Aripuanã/AM 59

Mapa III – Levantamento dos solos na Planície Fluvial do Rio Madeira – Novo Aripuanã a Foz do Rio Madeira/AM 60

RESUMO

A política energética e de infra-estrutura no Brasil vem consolidando o aproveitamento dos recursos hídricos para otimização do transporte através de modal hidroviário, como também para geração de energia elétrica em todo o território. Esta política se faz representar no Rio Madeira, à montante da cidade de Porto Velho-RO, local onde projeta-se a construção de duas barragens, nas cachoeiras de Santo Antônio e Jirau. A partir da projeção e implementação das Hidrelétricas do Alto Rio Madeira e dos possíveis impactos gerados no entorno, este trabalho apresenta como objetivo caracterizar aspectos físicos e químicos dos solos do Rio Madeira e sua influência na formação e fertilidade da várzea a jusante de Porto Velho-RO. Para caracterização da componente pedológica foram amostrados um total de 48 perfis ao longo da calha do Rio Madeira. A caracterização dos aspectos físicos e químicos do rio foi adquirida em consulta ao relatório do Projeto Hidrogeoquímica da Bacia Amazônica - HIBAm. De acordo com os resultados, comprova-se uma acentuada variação da quantidade de materiais em suspensão (sedimentos) transportados no Rio Madeira em função das alterações sazonais. A fertilidade natural dos Neossolos Flúvicos é alta na faixa de várzea do Rio Madeira, em função do V% apresentar valores acima de 65% e dos altos valores das bases trocáveis (Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+}) adsorvidas nas partículas do rio e depositadas nas camadas destes solos. A contribuição da matéria orgânica para a capacidade de troca de cátions foi significativa nos horizontes superficiais principalmente nos perfis de solos mais desenvolvidos, caso dos Latossolos e Argissolos.

PALAVRAS-CHAVE: Rio Madeira; Hidrelétricas ; solos; fertilidade natural, várzea; Amazônia.

ABSTRACT

The Brazilian's energetic and infrastructure politics is consolidating the use of the hydric resources for the transport through modal hidroway, also for electric energy generation in the whole territory. This politics makes be represented in the Madeira river, to the amount of the city of Porto Velho-RO, place where two hydroelectric will be built, in the Santo Antônio and Jirau waterfalls. From the projection and implementation of two projects and possible impacts produced, this work presents a physical and chemical characterize of the Madeira River and the influence in the soil formation and fertility of meadow downstream from Porto Velho-RO. For soil characterization was used. The physical and chemical aspects of the river, was acquired the Hidrogeoquímica Project report - Amazonian Basin - HIBAm. In accordance with the results, there is proved an accented variation of the quantity of materials in suspension transported in the Madeira River, in function of the seasonal alterations. The natural fertility of the Fluvic Neosols is high in the belt of water plain of the Madeira River, in function of V % presents values above 65 % and of the high values of the exchangeable bases (Ca, Mg, K) absorved in the river particles deposited in the layers of these soils. The organic matter contribution for the cationic exchange capacity was significant for the Latosols and Argisols superficial horizons.

KEY WORDS: Madeira River; soils; Hidroeletric Dam, natural fertility; water plain; Amazon region.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho trata dos aspectos químicos e físicos do solo formado em ambiente de geomorfologia sedimentar, correspondente à planície fluvial do Rio Madeira. Os solos formados neste tipo de ambiente apresentam características físicas, químicas e biológicas que os distinguem. Entre essas características, destaca-se em termos gerais, a baixa acidez, o expressivo valor de bases trocáveis adsorvidas nos colóides minerais, a baixa saturação pelo alumínio trocável, entre outros. Estes aspectos conferem, em princípio, uma alta fertilidade aos solos, o que contribui para o desenvolvimento de uma rica cadeia produtiva de organismos vivos.

A área de estudo corresponde ao que se denomina planície fluvial do Rio Madeira onde se localizam vilarejos e cidades compostos por populações tradicionais, os chamados "ribeirinhos", os quais se utilizam da várzea para atividades agrícolas e extrativismo em pequena escala. Os solos utilizados pelas populações tradicionais do entorno do Rio Madeira apresentam uma característica distinta: verifica-se que são capazes de suprir, pelo menos por um determinado tempo, alguns dos nutrientes essenciais, de tal maneira que, os agricultores não costumam utilizar nenhum tipo de insumo (adubo químico), tendo em vista seu baixo poder aquisitivo. Além destas atividades, no nível médio e baixo do Rio Madeira, encontra-se em operacionalização, a Hidrovia do Madeira, que funciona como via institucional para o escoamento de grãos produzidos na região sul do Estado de Rondônia e parte do Estado do Mato Grosso.

Neste cenário amazônico, uma nova configuração sócio-econômica se estabelece com base nas potencialidades hidrológicas do Rio Madeira, correspondente ao projeto de construção de duas barragens no nível mais alto do rio, a montante da cidade de Porto Velho, para produção de energia elétrica a partir do potencial hidroenergético.

Em referência a essa nova conformação sócio-econômica, este trabalho objetiva analisar os aspectos químicos e físicos dos solos formados no ambiente de planície fluvial a jusante das futuras barragens. As propriedades do solo, neste caso configuram-se como indicadores da interação entre o sistema fluvial, através do aporte de sedimentos e a fertilidade dos solos. Tal relação se processa, por ser a fertilidade natural um produto direto das características morfogenéticas deste sistema hidrogeomorfológico. Neste caso, se torna interessante discutir a variabilidade de alguns elementos físicos e químicos essenciais, visto que empreendimentos como as hidrelétricas do Alto Madeira, tendem a incidir nas interações ecológicas do ambiente a jusante, impactando na formação destes solos.

Neste sentido são analisadas as propriedades químicas: matéria orgânica, bases trocáveis, pH; físicas: frações granulométricas (argila, silte e areia) e físico-químicas: acidez potencial, percentual de saturação por alumínio, percentual de saturação por bases e capacidade de troca catiônica em perfis de solos coletados nas formações de planície ao longo do rio.

Para entender a dinâmica de interação entre as propriedades do solo em ambientes tropicais é de suma importância não só detectar as propriedades do solo, que podem identificar os níveis de fertilidade natural, mas devem-se estimar também os processos geomorfológicos, que por meio da periodicidade das inundações (pulso de inundação), influenciam toda a produção e colonização da biota adaptada a esse ambiente. Daí a importância em se considerar as possíveis alterações na qualidade ambiental desse sistema a partir da operação de empreendimentos como as Hidrelétricas do Alto Madeira, considerando-se as possibilidades de internalização dos impactos pelas comunidades ribeirinhas locais que desenvolvem suas atividades econômicas (agricultura e pesca) a partir das condições físico-biológicas estabelecidas no ambiente, o que acaba por influenciar, em parte, na dinâmica sócio-econômica regional.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

Analisar os aspectos físicos e químicos dos solos formados no ambiente de planície do Rio Madeira a jusante das corredeiras de Santo Antônio, em função do projeto de construção de duas barragens para geração de energia hidrelétrica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Levantar os principais aspectos que conferem a fertilidade dos solos formados na planície fluvial do Rio Madeira;
2. Identificar a variabilidade da fertilidade dos solos no ambiente de várzea do Rio Madeira;
3. Relacionar os impactos estimados a partir da operacionalização das Hidrelétricas do Alto Madeira que por sua vez poderão incidir na alteração dos padrões de fertilidade dos solos formados na planície fluvial à jusante.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a extensão da faixa de planície fluvial do Rio Madeira até sua foz no Rio Amazonas. Esta área está situada a jusante das corredeiras de Santo Antônio no Alto Rio Madeira, onde se projeta a construção de duas barragens para produção de energia elétrica localizado no município de Porto Velho-RO conforme figura 01.

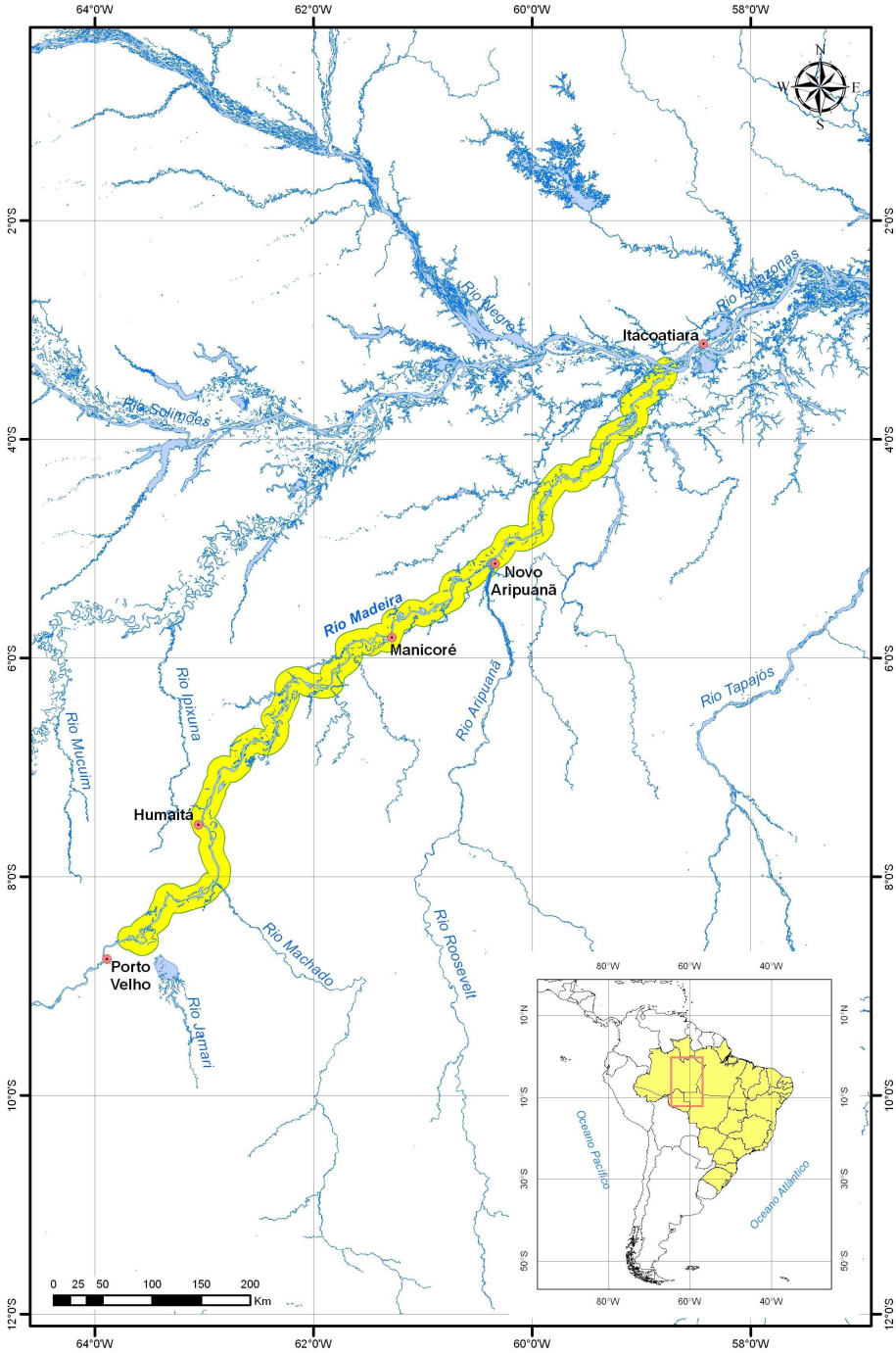


Figura 01. Localização da área de estudo: planície fluvial do Rio Madeira, a jusante de Porto Velho- RO.

Esta área incorpora a planície fluvial que tem seu início a partir de aproximadamente 40 km à jusante da cidade de Porto Velho-RO nas proximidades do Distrito de São Carlos (Figura 02), apresentando largura média de 15 km compondo um total de 1.648 km^2 de área (Brasil, 1978). Nesta área, destaca-se a abrangência da planície de inundação, onde a acumulação de sedimentos compõe as várzeas que são os terrenos geologicamente mais jovens da Amazônia (Brasil, *op. cit.*). O processo de colmatação determina a variação dos aspectos fisiográficos na região, entre os quais se destaca: o relevo, os solos, a vegetação e fauna adaptada (Figura 03).

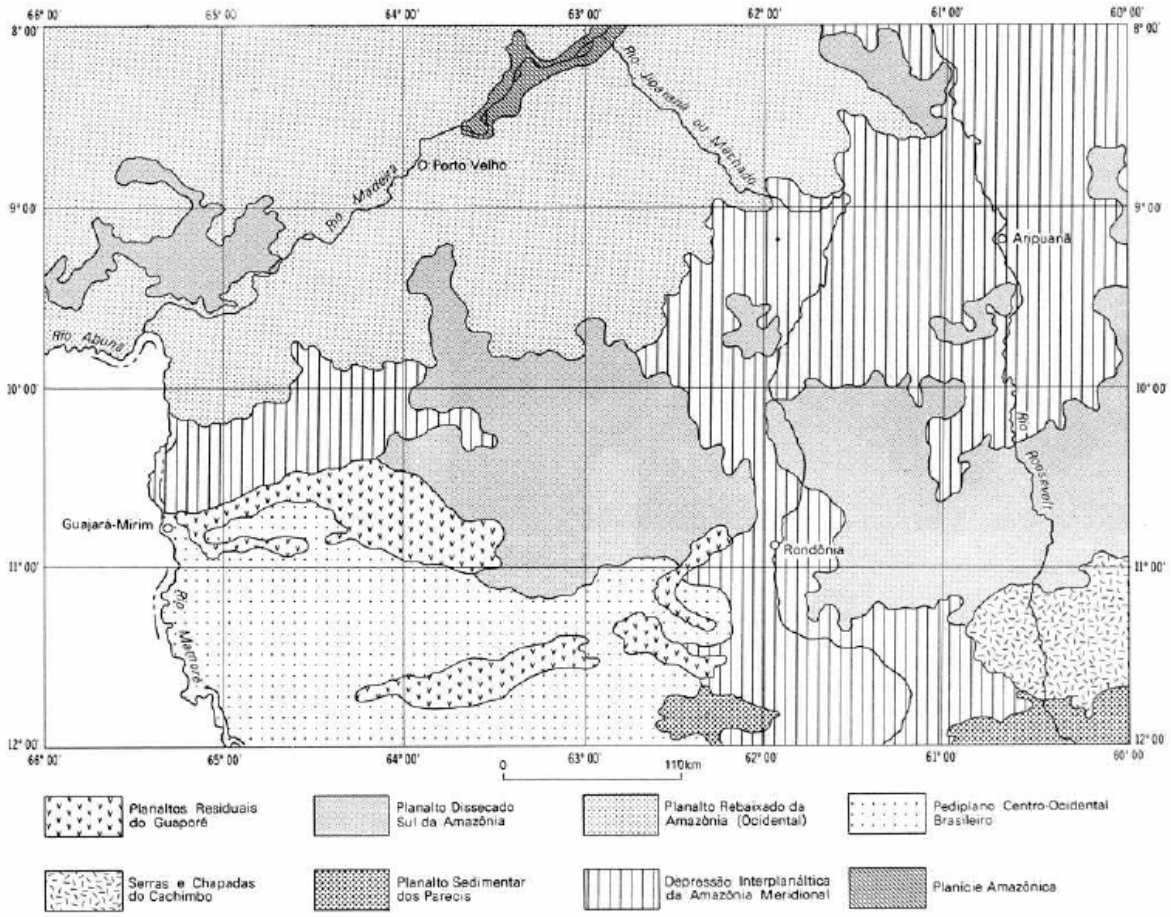


Figura 02. Início da Planície Amazônica a 40 km à jusante da cidade de Porto Velho-RO.

Fonte: Retirado de Brasil (1978).

Figura 03. Vegetação de várzea. Embaúba – *Cecropia palmata*. Planície Fluvial do Rio Madeira / Distrito de Santo Carlos / Município de Porto Velho-RO.

Fonte: Acervo LABOGEOPA.

A planície fluvial integra parte da bacia hidrográfica do Rio Madeira, que por sua vez corresponde a 23% da bacia Amazônica, capta 18% da precipitação de chuva e contribui com 15% do volume de água do Rio Amazonas. Em decorrência da oscilação dos índices pluviométricos, há duas estações bem definidas que contribuem diretamente para o declínio (período de menor pluviosidade) e aumento (período de máxima pluviosidade) da vazão total do rio (Brasil, 1996 ; Brasil, 2001). Seu ambiente de várzea corresponde ao domínio da Planície Amazônica, onde se verifica a formação de uma faixa de terrenos sedimentares do pliopleistoceno, caracterizada por extensa área de acumulação de sedimentos quaternários, depositados ao longo das margens do rio.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Desenvolvimento e Externalidades Ambientais no Rio Madeira

As políticas públicas nacionais projetadas com intuito de promover o desenvolvimento para a região Norte colocam a questão hidroviária e hidroenergética em evidência em função da bacia Amazônica contribuir como a maior detentora de recursos hídricos disponíveis, de modo que se revela com um potencial hidrelétrico de 43,2 % em relação às outras regiões do Brasil (Goldemberg, 2002). Assim, pode-se inferir que projetos hidrelétricos e hidroviários são inovações consideradas estratégicas para a política econômica nacional. Neste sentido, Schumpeter (1982), contribui ao afirmar que o desenvolvimento se dá por meio de inovações, quando os agentes empreendedores, ousam, por exemplo, criando ou transformando o campo da produção, ao se inserir um novo método de tratar comercialmente uma mercadoria, ou por que não, um dado recurso natural. O desenvolvimento de uma sociedade se dá por meio da criação de inovações, as quais se processam de modo descontínuo, alterando o fluxo circular[1] da economia (Schumpeter, *op. Cit*.).

Dois empreendimentos viabilizados por políticas públicas governamentais e investimentos do setor privado estão em processo de consolidação: o primeiro corresponde ao eixo de integração para o desenvolvimento envolvendo os Estados do Mato Grosso, Rondônia e Amazonas, que utiliza a Hidrovia Madeira-Amazonas como rota alternativa de escoamento de grãos provenientes de parte do Mato Grosso e sul de Rondônia desde o ano de 1997; o segundo corresponde ao projeto de construção de duas barragens, a montante da cidade de Porto Velho-RO, como forma de gerar energia por fonte hidrelétrica para ser integrada ao sistema elétrico nacional, no intuito de suprir demandas energéticas de regiões como o centro-sul do país.

As políticas de investimento que objetivam a promoção do desenvolvimento regional são efetivadas como forma de sustentar os programas de governo para o desenvolvimento econômico do país, e que por sua vez, responde aos objetivos do sistema capitalista, cuja escala econômica é superior quando comparada à realidade local das comunidades situadas na Amazônia, caso dos pequenos agricultores e pescadores que habitam as margens do Rio Madeira.

---

[1] Segundo Schumpeter (1982), “a teoria do fluxo circular descreve a vida econômica do ponto de vista da tendência do sistema econômico para uma posição de equilíbrio”.

Ab'saber (1998) e Casseti (1991), são lembrados, por questionarem a operação de empreendimentos, que mesmo provocando impactos tendem historicamente a negligenciar aspectos sócio-econômicos, ambientais, bem como os aspectos culturais do entorno; priorizando estudos de impacto e mitigação apenas nas áreas diretamente atingidas. Segundo Ab'saber (*Op. Cit.*), realizar uma criteriosa análise dos aspectos sócio-econômicos e ambientais do entorno de um projeto é condição imprescindível quando se pensa em espaço total[2] e desenvolvimento sustentável na Amazônia.

A implementação de inovações, aqui consideradas como o projeto de construção das hidrelétricas do Alto Rio Madeira, é motivada substancialmente por fatores políticos e econômicos: quando um recurso passa a ser objeto de intervenção induzida pelo estabelecimento de relações políticas e econômicas em escala não local, com o intuito de promover o desenvolvimento, a partir de um modelo econômico capitalista e, por conseguinte, de bases industriais. Deste modo, estes projetos recebem todo aporte de recursos que possam torná-lo viável economicamente (Kohlhepp, 1999), subestimando as possíveis alterações ambientais. Apesar das ações reguladoras do Estado, os recursos naturais são considerados bens livres para o mercado (Macedo, 2002), de modo que os impactos negativos podem até ser apontados através de estudos de impacto, no entanto, não são prevenidos e ou compensadas de maneira satisfatória.

Schumpeter (*op. Cit.*) concorda que a busca do novo é a condição propulsora para o desenvolvimento em sociedades capitalistas, onde as relações se dão entre bens, quando ocorre a apropriação do público pelo privado. Esta apropriação pode ser explicada por meio da teoria da escolha racional: em um sistema ininterrupto de produção, que tenta suprir as demandas do mercado capitalizado, a ascensão do empreendedor vai depender da sua capacidade em maximizar seus ganhos e diminuir consideravelmente seus custos, o que pode ser traduzido pelo chamado ganho por lucro. Assim, enquanto escolha racional, o homem tem a possibilidade de optar por uma gama de meios para alcançar o fim pretendido, no entanto, essa racionalidade implica na otimização da produção, quando são identificados de maneira explicitamente unilateral, os custos e os benefícios para cada meio cogitado. Deste modo as escolhas são feitas somente no contexto individual ou de acordo com as intenções de um grupo específico (Coleman e Fafaro, 1992 *apud* Godbout, 1998).

No mundo mercantilizado não há a chamada dívida, ou seja, todas as relações de troca são equivalentes, busca-se eliminar as dívidas de modo a eliminar também as relações de

---

[2] Espaço Total é o arranjo e o perfil adquiridos por uma determinada área em função da organização humana que lhe foi imposta ao longo dos tempos (Ab'saber, 1998).

obrigação uns com os outros. Essa relação é pontual, o que significa que não há menção ao futuro, ou melhor, às futuras gerações. Nesse contexto é de suma importância a discussão do conceito das externalidades[3], pois quando não há dívida, não haverá também a consideração "do outro", ou seja, não se faz necessário pensar no coletivo. Daí o surgimento das externalidades negativas, quando se internaliza benefícios e transferem-se custos.

Diante destas perspectivas, é que surge a necessidade de considerar os diversos níveis de impactos potenciais (externalidades) a partir da implementação das Hidrelétricas do Alto Madeira, assim como toda a possibilidade de internalização destes impactos pelos Biomas e comunidades que residem no entorno.

As comunidades ribeirinhas não somente se apropriam da terra como forma de acumular riquezas; mas os recursos da natureza integram-se ao seu imaginário. Para Mauss (2003), as sociedades caracterizadas como tradicionais, colocam o homem em associação à natureza, atribuindo a ela um valor antropológico. Ainda nessa abordagem, para essas sociedades o "novo", ou o "novo desenvolvimento" é visto, em um primeiro momento, como algo temeroso, por ser desconhecido ou fora dos padrões estabelecidos pela própria tradição, o que contribui para o estabelecimento e preservação de atividades econômicas já consolidadas socialmente.

4.2 HIDRELÉTRICAS DO ALTO RIO MADEIRA E A GERAÇÃO DE EXTERNALIDADES NEGATIVAS PARA JUSANTE

Através dos Programas de Desenvolvimento governamentais Brasil em Ação e Avança Brasil, a política energética e de infra-estrutura buscou consolidar o aproveitamento dos recursos hídricos para otimização do transporte através de modal hidroviário, como também para geração de energia elétrica na Amazônia (Fearnside & Laurance, 2002). Para isso, os cursos de rios amazônicos estão sendo submetidos a constantes intervenções para adequação aos projetos desenvolvimentistas, deste modo, o represamento dos rios por barragens, por exemplo, já se faz recorrente em projetos de grande porte, a exemplo de Balbina no rio Uatumã –AM, Tucuruí, no rio Tocantins – PA e Samuel no rio Jamari-RO devido ao potencial da rede hidrográfica da bacia amazônica (Filizola, 1999). Esta política se faz representar no Rio Madeira, mais especificamente em seu nível topográfico mais alto, onde se localiza um

[3] Macedo (*op.cit*) retomando as contribuições de Pigou, aponta que: "as externalidades surgem quando o consumo ou a produção de um bem gera efeitos adversos (ou benéficos) a outros consumidores e/ou firmas e estes não são compensados efetivamente no mercado via sistema de preços".

total de dezoito corredeiras, à montante da cidade de Porto Velho-RO e onde se projeta a construção de duas barragens nas Cachoeiras de Santo Antônio e Jirau.

No meio deste cenário desenvolvimentista, encontram-se os chamados ribeirinhos, que utilizam o Rio Madeira e os solos do ambiente de várzea, como meios para atividade de pesca, agricultura e extrativismo. Torna-se assim, imprescindível analisar os aspectos ambientais do entorno desses projetos, representado nesta pesquisa pela composição física e química dos solos formandos no ambiente de Planície Fluvial do Rio Madeira à jusante da cidade de Porto Velho-RO, pois o ambiente de várzea e a dinâmica fluvial são interdependentes, de modo que ações antrópicas tanto no leito como em seu entorno, tendem a alterar os processos morfodinâmicos (Casseti, 1991), onde os solos são então qualificados como componentes frágeis dentro ecossistema, dependentes do equilíbrio ambiental (Tricart, 1977).

Diante dessas novas perspectivas, devem ser incorporadas pela comunidade científica, as noções de impacto ambiental decorrentes da construção de projetos hidrelétricos, já que o Rio Madeira apresenta-se peculiar do ponto de vista hidrológico, pois se caracteriza por um rio de águas brancas, com grande quantidade de sólidos em suspensão transportados (Sioli, 1991 ; Brasil, 2001), que contribui para a manutenção da produtividade de uma extensa faixa de várzea em seu curso mais baixo.

As barragens serão construídas nas corredeiras de Santo Antônio e Jirau (Alto Rio Madeira), à montante de Porto Velho-RO (Figura 04), com o objetivo de gerar um total de 6.450 MW de energia. No ano de 2002 foi publicado o Inventário Hidrelétrico do Rio Madeira, concluindo os primeiros levantamentos acerca da viabilidade do seu aproveitamento hidroenergético.

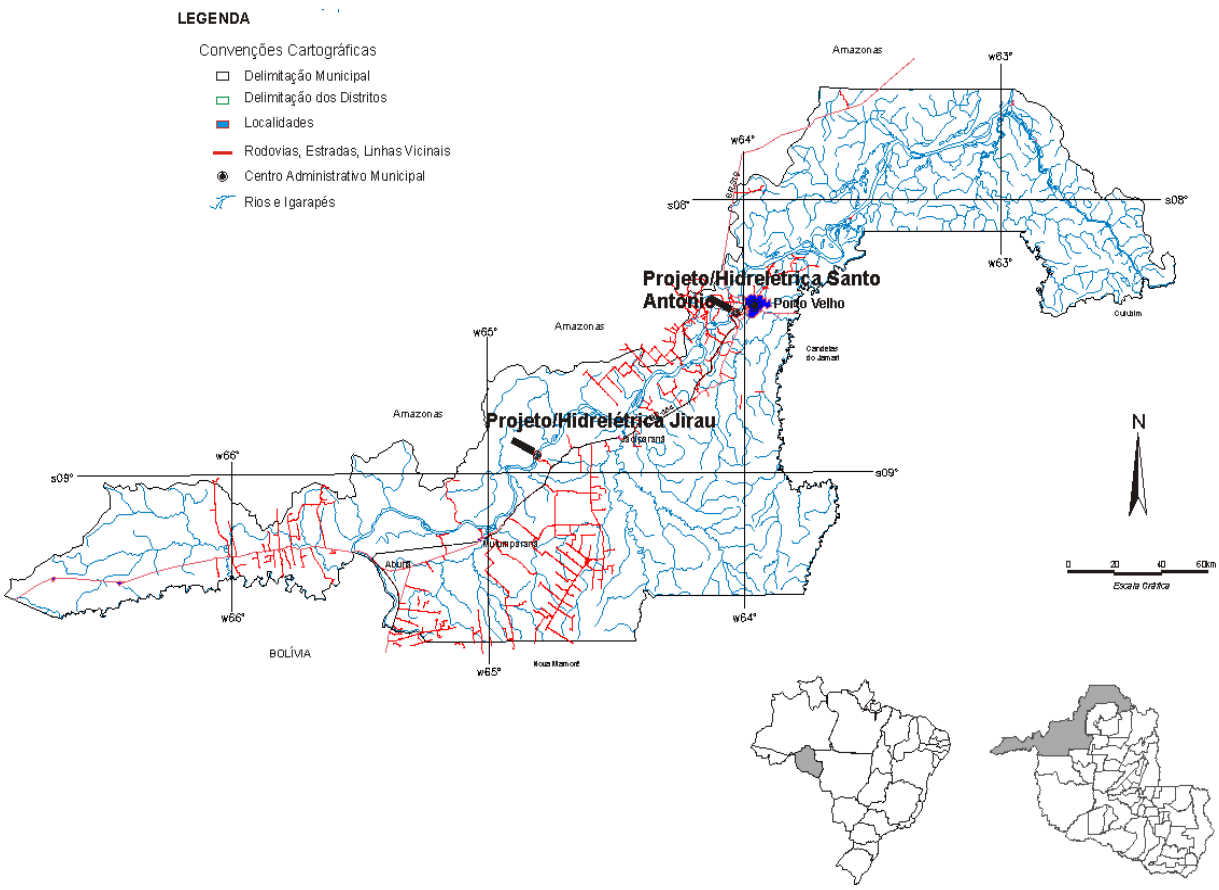


Figura 04. Localização do projeto de construção das Hidrelétricas Santo Antônio e Jirau no Alto Rio Madeira – Município de Porto Velho-RO

Fonte: Modificado de Cavalcante (2008).

Segundo o Estudo de Impacto Ambiental – EIA das Hidrelétricas do Alto Madeira (Furnas, 2005), os seguintes impactos são considerados a partir da implementação das barragens: (Figura 05).

IMPACTOS	MEDIDAS A SEREM ADOTADAS
Retenção de sólidos nos reservatórios	Observação contínua dos efeitos e adoção de medidas se necessário
Elevação do lençol freático	Observação dos efeitos e indenização de perdas
Redução de oxigênio dissolvido na água em regiões marginais do reservatório	Não há medidas, além do monitoramento
Aumento do potencial erosivo das águas do rio Madeira	Observação contínua do comportamento do rio
Alteração da qualidade das águas e de sua dinâmica	Observação contínua da qualidade das águas
Perda ou fuga de animais	Não há medidas; acompanhamento de desmatamentos e enchimentos; compensação ambiental
Supressão de vegetação	Não há medidas; replantio em áreas de canteiros; compensação das perdas; compensação ambiental
Interrupção das rotas migratórias de peixes	Implantação de estruturas para a transposição dos peixes e monitoramento
Concentração de cardumes a jusante das barragens	Não há medidas; monitoramento
Redução de hábitats para a fauna	Monitoramento e adoção de medidas se necessário
Introdução de espécies de peixes	Não há medidas; monitoramento
Alteração na estrutura da comunidade de peixes	Não há medidas; monitoramento
Eliminação de barreiras naturais para botos	Não há medidas; monitoramento
Redução local da diversidade de peixes	Não há medidas; monitoramento
Perda de áreas de desova de peixes	Não há medidas; monitoramento
Elevação do preço das terras	Esclarecer previamente a população
Queda do preço dos imóveis	Esclarecer previamente a população
Alteração na qualidade de vida da população	Esclarecer previamente a população
Alteração da comunidade bentônica	Observação contínua da vida aquática
Perda de material lenhoso do leito do rio	Não há medidas; monitoramento
Criação de novos ambientes nas margens dos reservatórios	Não há medida para este impacto
Perda de locais de reprodução de tartarugas , jabutis e jacarés	Monitoramento e adoção de medidas se necessário
Aumento da população de plantas aquáticas	Não há medidas para este impacto, além da observação de seus efeitos
Desestruturação social e política	Comunicação prévia e estímulo à participação social
Aumento de incidência de malária e doenças	Vigilância, controle de vetores e ampliação da rede de atendimento
Ocupação de novas áreas	Apoio à prefeitura de Porto Velho em ações de controle do uso do solo
Alteração na dinâmica da população de vetores	Controle de vetores
Comprometimento de Mutum-Paraná, Teotônio, Amazonas	Negociação e reassentamento
Comprometimento das comunidades rurais	Relocação e/ou reassentamento
Conflitos de convivência entre população local e migrantes	Esclarecimento prévio e estabelecimento de código de conduta para funcionários das obras
Intranquilidade da população	Apoio ao Poder Executivo municipal de Porto Velho e comunicação social
Interferência na atividade de garimpo do ouro aluvionar	Indenização
Interferência e perda de patrimônio arqueológico e cultural	Pesquisa, registro e salvamento
Redução do emprego e renda dos pescadores e garimpeiros	Qualificação e requalificação profissional da população local
Modificação da pesca na área dos reservatórios	Requalificação dos pescadores para a nova situação

Figura 05. Impactos previstos pelo EIA das Usinas Hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau
Fonte: Retirado de Furnas (2005).

Os impactos previstos: retenção de sólidos no reservatório; aumento do potencial erosivo nas águas do Rio Madeira (erosão do leito e margens na área a jusante) e alteração da

qualidade e dinâmica da água estão diretamente relacionados a possíveis alterações no pulso de inundação, bem como na constituição física e química das águas e sedimentos do rio, fatores estes que podem vir a incidir na alteração da fertilização dos solos à jusante das barragens. Estes impactos apresentam proporções variáveis de acordo com as taxas de retenção de sedimentos estabelecidas ao longo do tempo e espaço.

Estas estimativas são preocupantes, visto que os aspectos ambientais da planície fluvial do Rio Madeira não foram contemplados nos estudos de impacto, tanto na área de influência direta, como indireta. A Área de Influência Direta foi calculada de forma a abranger a projeção da área inundada, correspondente a cota de 90 metros (Figuras 06 e 07) e se estende apenas 12 km a jusante da barragem de Santo Antônio. Já a Área de Influência Indireta incorpora uma diminuta extensão à jusante desta barragem, onde são levantados e analisados somente os aspectos sócio-econômicos da população residente dentro dos limites do município de Porto Velho-RO, excluindo-se da discussão, aspectos ambientais relevantes relacionados ao curso fluvial até sua foz, no Rio Amazonas (Figura 08).

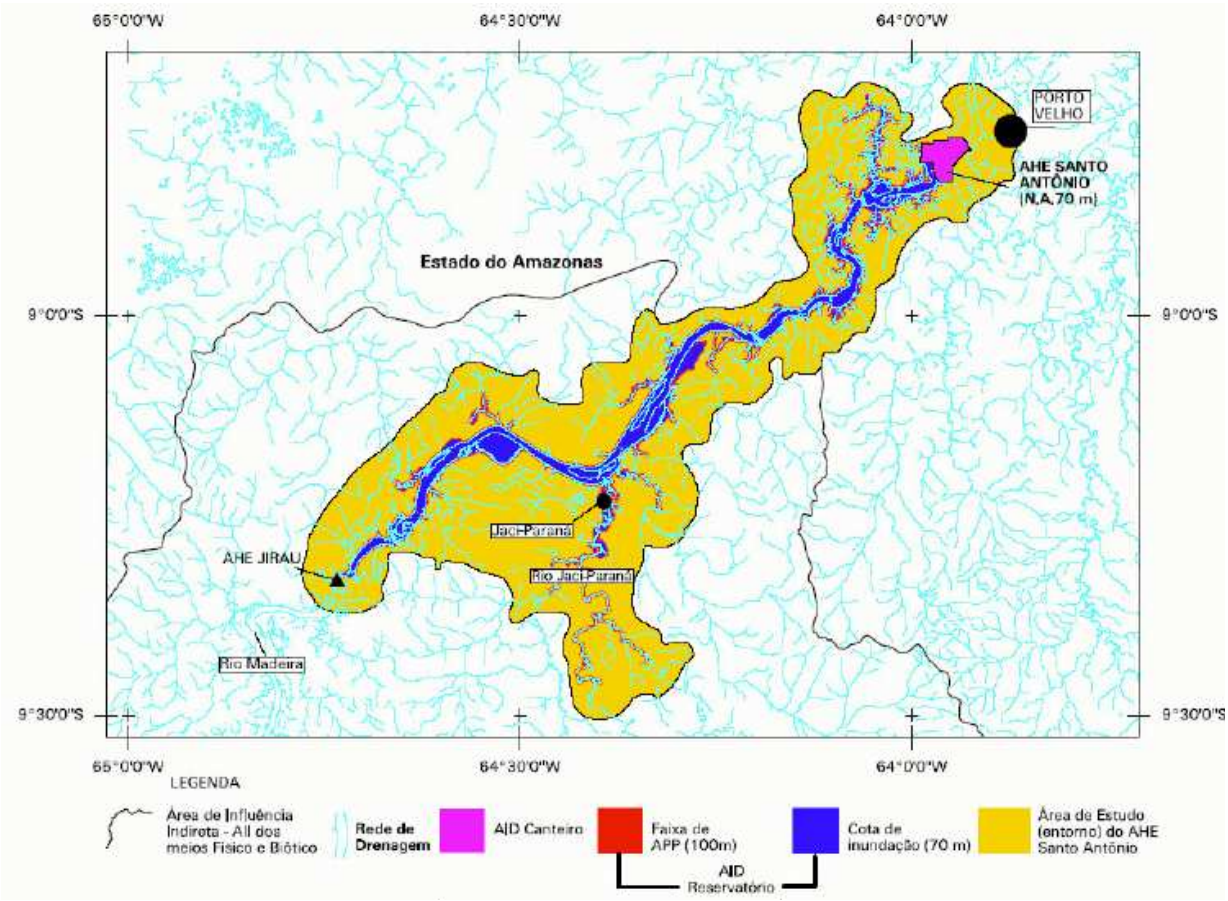


Figura 06. Localização da Área de Influência Direta (AID) da barragem de Santo Antônio.
Fonte: Retirado do Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Furnas, 2005).

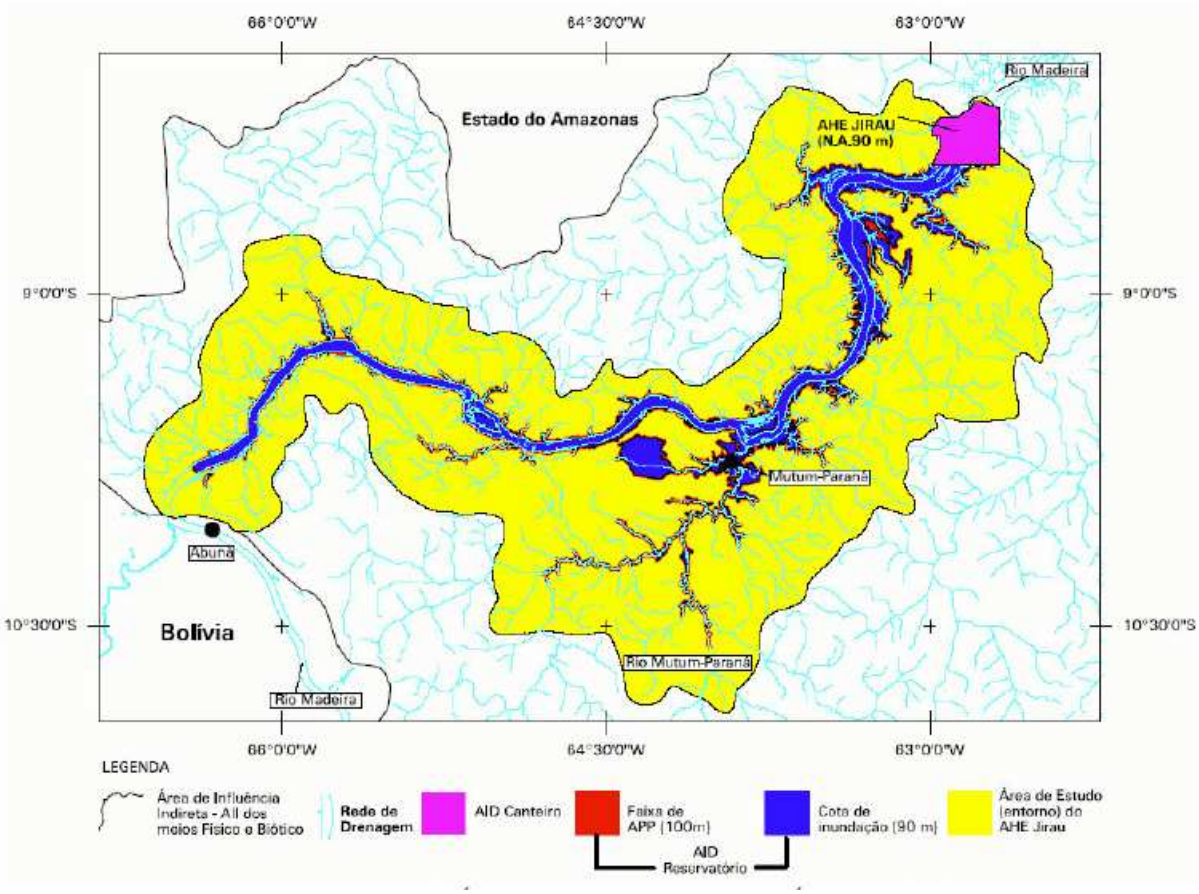


Figura 07. Localização da Área de Influência Direta (AID) da barragem de Jirau.

Fonte: Retirado do Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Furnas, 2005).

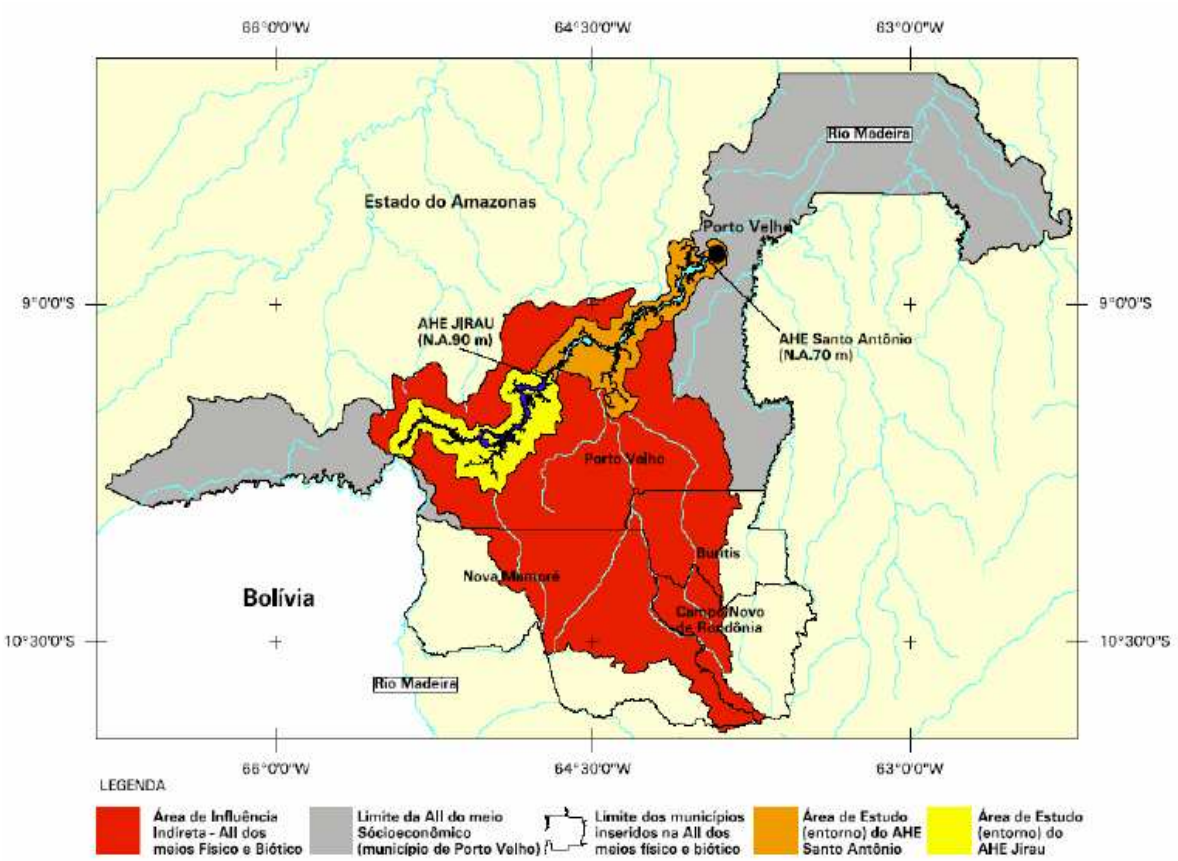


Figura 08. Localização da Área de Influência Indireta (AII) das barragens de Santo Antônio e Jirau.

Fonte: Retirado do Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Furnas, 2005).

Segundo Junk e Mello (1990) há uma série de impactos potenciais previstos a partir da alteração de cursos fluviais por meio da construção de barragens, sendo alguns deles:

1. Translocação da população residente no entorno;
2. Perda de solo;
3. Perda de espécies de plantas e animais;
4. Modificações da geometria hidráulica do rio (hidrologia, carga sedimentar);
5. Impactos na pesca e aqüicultura;
6. Degradação progressiva das encostas;
7. Transformação dos regimes hidrológicos sazonais;
8. Modificação físico-química da água.

A discussão dos impactos negativos neste trabalho considera àquelas alterações potenciais decorrentes de barragens construídas em rios de água branca, com expressiva carga

sedimentar e cuja declividade do relevo seja diminuta. A barragem constitui uma barreira física que, ao longo de um tempo variável, transforma ambientes abertos de transporte em sistemas fechados de acumulação, o que incide em alterações hidrológicas, geoquímicas e biológicas tanto a montante quanto a jusante da área de represamento (Junk e Mello, *op. cit*.).

Estima-se que as taxas de degradação dos leitos dos rios a jusante de barragens, quando comparados aos rios de fluxo natural, se processam em níveis muito mais drásticos e de maneira acelerada. Manyari (2007) organizou um quadro comparativo entre os níveis de degradação desencadeados por processos erosivos a jusante de leitos de rios represados, a partir das referências de Galay publicadas em 1983 (Figura 09).

Rio	Represa	Degradação (m)	Extensão da degradação (km)	Duração (anos)	Material do leito
S Canadian	Conchos	5.1	30	10	areia, cascalho
Middle Loup	Milburn	2.3	8	11	areia
Missouri	Fort Peck	1.5	-	11	areia, cascalho
Colorado	Hoover	7.1	11	14	areia, cascalho
Colorado	Davis	6.1	52	30	areia, cascalho
Colorado	Parker	4.3	-	18	areia, cascalho
Colorado	Imperial	3.1	-	18	areia
S .Canadian	Fort Suply	2.0	-	7	areia
Salt Fork	Great Salt Plains	1.0	-	9	areia
Red	Denison	2.0	2.8	3	areia
Manistee	Junction	3.7	-	12	areia, argila
Au Sable	Foote	1.5	-	15	argila
	Sariyar	-	300	-	
Saskatchewan	Squaw Rapids	1.2	-	13	areia
Cheyenne	Angostura	1.5	8	16	-
Saalach	Reichenhall	3.1	9	21	-
S. Saskatchewan	Diefenbaker	2.4	8	12	areia
Amarelo	Sanmexia	4.0	68	4	areia fina

Figura 09. Níveis de degradação por processos erosivos no leito de rios a jusante de barragens.

Fonte: Retirado de Manyari (2007).

Em se tratando de um hidrossistema aberto, faz-se necessário reconhecer que seu equilíbrio poderá vir a sofrer alterações significativas em função da construção do barramento

e neste sentido, os elementos cujas propriedades são condicionados pelo pulso de inundação podem apresentar respostas cumulativas, afetando o equilíbrio ecológico e atividades sócio-econômicas à jusante (Coelho, 2008).

Partindo deste princípio, os elementos químicos e os aspectos físicos que condicionam a fertilidade natural e o desenvolvimento dos solos originários da deposição sedimentar ao longo da planície, podem ser alterados a partir da modificação do fluxo de água (vazão) e da retenção ascendente dos sedimentos em suspensão, o que potencializa os processos erosivos a jusante. Estas externalidades ambientais negativas tendem a incidir indiretamente, a médio e longo prazos na resposta produtiva dos lagos e solos formados a jusante, aonde a composição e estrutura do relevo venham a ser alteradas por processos morfológicos (Rondônia, 2006), conforme fluxograma de impactos na figura 10.

Figura 10. Fluxograma dos impactos cumulativos para jusante, a partir da construção das Hidrelétricas do Alto Rio Madeira.

A potencial redução na capacidade de transporte de sedimentos tende a aumentar os processos erosivos nas margens do rio a jusante (Williams, G. P. & Wolman, M. G., 1985 *apud* Manyari, 2007), que por sua vez, irá alterar o processo de formação dos solos. Somente esta externalidade considerada, tende a desencadear respostas diretas em diferentes escalas para jusante no Rio Madeira:

1. Potencialização do período de vazante (regime de seca mais pronunciado);
2. Alteração na composição física e química dos sedimentos.

Destas respostas diretas, é possível antecipar os impactos indiretos:

1. Redução da fertilidade dos solos, que por sua vez acarreta prejuízos à agricultura familiar subsistente;

2. Alteração dos ciclos cheia e vazante, o que deve incidir na necessidade de constantes retificações do canal fluvial da Hidrovia do Rio Madeira.

A jusante das Hidrelétricas, a partir da cidade de Porto Velho-RO, o Rio Madeira torna-se navegável, o que permitiu sua utilização como Hidrovia, como forma de integrar o chamado Eixo Extremo-Oeste de Desenvolvimento. Por meio da Hidrovia Madeira-Amazonas, os custos do transporte de grãos produzidos no Mato Grosso, mais especificamente, na região noroeste deste Estado, são reduzidos – os grãos cultivados chegam por meio do Rio Madeira e Amazonas ao mercado exterior com menor custo, aumentando sua competitividade econômica (Brasil, 1999). A partir desta mudança, a produção de grãos no sul do Estado de Rondônia também foi incrementada a partir do final da década de 90, influenciada pelos incentivos econômicos e de infra-estrutura estabelecidos (Figura 11).

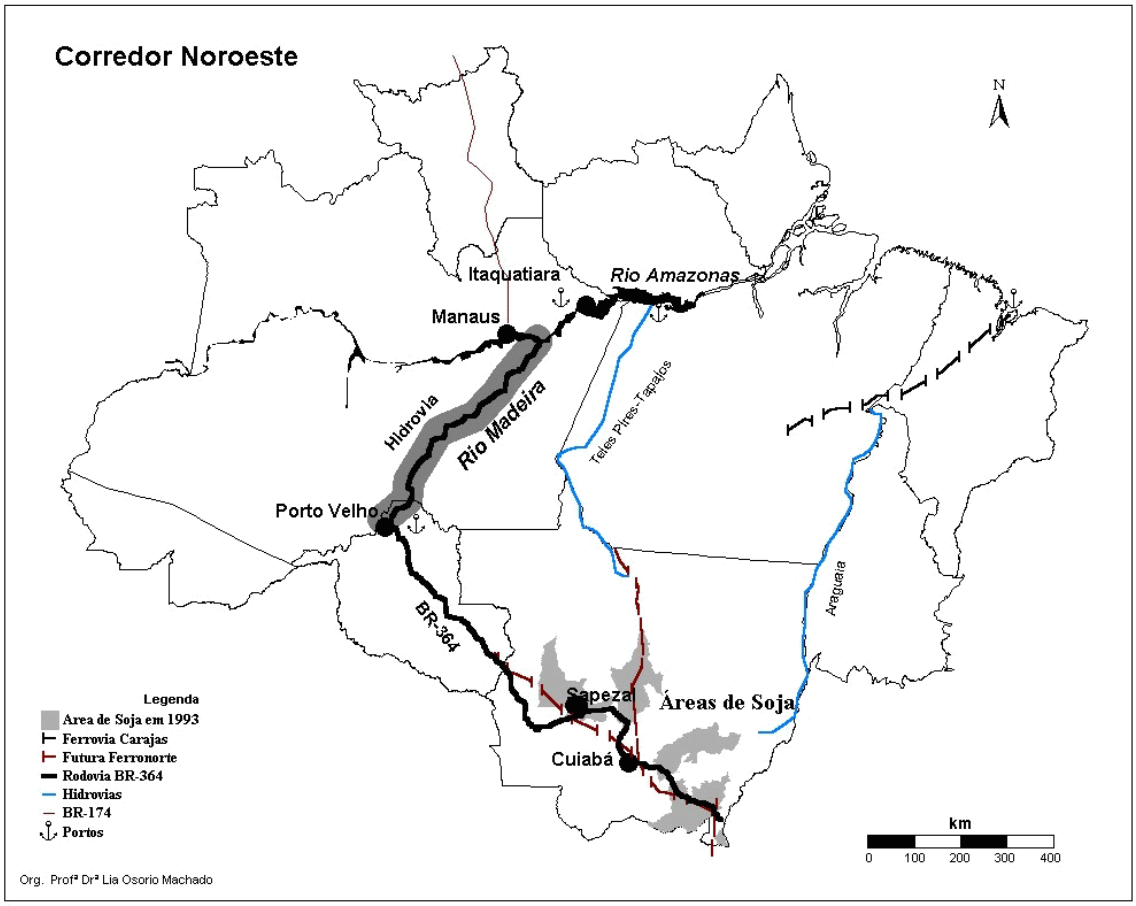


Figura 11. Hidrovia do Madeira - Eixo Extremo-Oeste de Desenvolvimento.

Fonte: Instituto de Geociências da UFRJ – IGEO. Acesso: www.igeo.ufrj.br/fronteiras/mapas/mapredes.htm

Em função das características geológicas e geomorfológicas da sub-bacia do Rio Madeira, atualmente são realizadas constantes retificações do canal navegável, por meio de dragagens e derrocamentos para manutenção da navegabilidade do rio. Estas medidas são acionadas com o intuito de facilitar o fluxo de barcaças tipo “comboio”, que são hidroveículos adaptados ao transporte de grãos principalmente do período de vazante (Brasil, 1996). [A composição hidrológica e geomorfológica do Rio Madeira potencializa a vulnerabilidade do sistema hidroviário, e somado às alterações advindas da construção das barragens, redimensiona a amplitude dos impactos considerados nos Estudos de Impacto – EIA/RIMA das Hidrelétricas.]

5. HIDROSSISTEMA DO RIO MADEIRA: ASPECTOS AMBIENTAIS

Na área de estudo, o relevo é adaptado à ação fluvial que por sua vez condiciona as características ambientais do meio. Davis (1899) *apud* Suguio (2003) indicou quais eram os estágios de desenvolvimento de um relevo fluvial, classificando por fase de juventude, o relevo em forma de "V" com pouca carga sedimentar composta por partículas grosseiras. A fase de maturidade é alcançada quando se atenua o gradiente e expandem-se os vales. O último estádio corresponde à fase de selinidade, quando há a formação de amplos vales e extensas planícies de inundação. Ao longo do sistema fluvial formador do Rio Madeira, estas três fases podem suceder-se; a primeira fase (juventude) coincide com cabeceira dos rios formadores (nos contrafortes Andinos), quando predomina a ação da morfogênese. O segundo estádio (maturidade) corresponde ao nível mediano do rio, quando há um relativo equilíbrio entre as ações de erosão e sedimentação (Médio Rio Madeira). Já a última fase (selinidade), surge no nível mais baixo do rio, quando predomina a sedimentação com formação de uma planície fluvial mais ampla (Baixo Rio Madeira).

Nos rios de água branca, caso do Rio Madeira, a carga de sedimentos em suspensão é maior do que a carga dissolvida; em se tratando de um rio cujas águas são originadas da região Andina, apresenta carga expressiva de particulados. Uma faixa de 12% da Bacia Amazônica é composta pelos rios de nascente Andina, que por sua vez, fornecem 86% do total de sais dissolvidos e 82% do material sólido em suspensão (Gibbs, 1967 *Apud* Christofoletti, 1980). A carga sedimentar transportada pelo rio é precipitada quando ocorre o declínio da sua capacidade fluvial, em função da diminuição da declividade, do volume ou pelo aumento do peso dos detritos, originando as planícies de inundação. Esta é formada por aluviões entre outros materiais depositados no canal fluvial e entorno (Christofoletti, *op. cit*.).

A planície fluvial do Rio Madeira caracteriza-se como um ambiente sujeito a inundações fluviais periódicas, fato este que confere uma adaptação dos componentes ambientais ao fluxo de matéria e energia. Neste sentido, os solos formados neste tipo de ambiente, são condicionados por tal instabilidade (Sioli, 1991).

Os tipos de solo presentes na planície fluvial do Rio Madeira desenvolvem-se e apresentam propriedades físicas e químicas de acordo com as características geológicas, geomorfológicas e bio-climáticas predominantes. Na planície fluvial de inundação, por exemplo, desenvolvem-se solos do tipo: Neossolos Flúvicos, Cambissolos, Gleissolos e

Plintossolos (Brasil, 1978). Nas áreas mais conservadas, denominadas terraços fluviais, predominam os aspectos de intemperismo bio-climáticos, que condicionam a formação de Latossolos e Argissolos (Brasil, *op. Cit*. ; Brasil, 1999; Rodrigues 1996). A evolução de cada um desses grupos de solos está sujeita a processos dinâmicos, onde fatores como vegetação, fauna, clima, herança geológica, dinamismo geomorfológico e o tempo influenciam na gênese e na fertilidade natural. É a partir dos fenômenos de ordem física, química e biológica, que se faz possível o desenvolvimento de uma cadeia de reações, que inclui o solo como parte de um sistema integrado de ciclagem de nutrientes (Luchese *et. al*., 2002 ; Resende, 1982) (Figura 12).

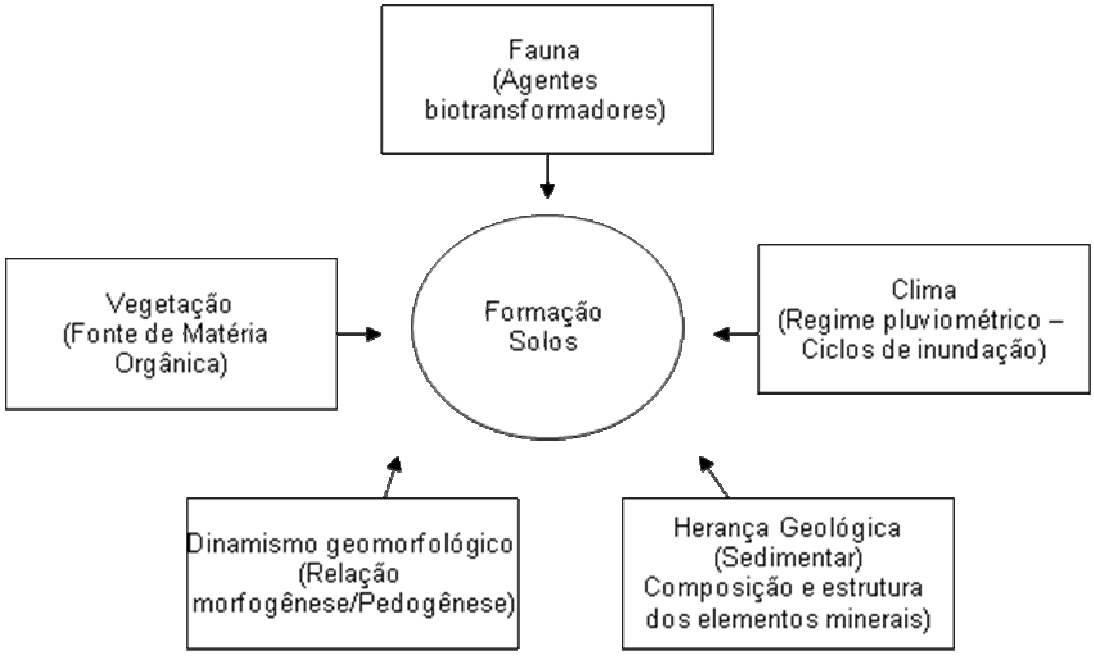


Figura 12: Variáveis ambientais que condicionam a formação dos solos no ambiente de várzea do Rio Madeira.

Para interpretar o processo de formação dos solos, conforme Figura 12, devem ser considerados fatores implícitos à interação ambiental. A visão sistêmica deste processo considera que os fenômenos naturais tendem a promover o equilíbrio ecológico por meio da interação das partes, no entanto, o produto não será resultado apenas do somatório das mesmas, mas apresentará um novo arranjo funcional com novas propriedades (Christofoletti,

1999). A análise de um sistema ambiental em diferentes escalas de tempo e de espaço demanda informações a respeito das variáveis presentes, bem como dos fluxos de matéria e energia entre essas, que por sua vez, promovem a distinção do ecossistema fluvial e dos solos formados em seu entorno.

Neste trabalho, o sistema hidrográfico constituído por elementos físicos, químicos e biológicos, é analisado sob a perspectiva geográfica. A Ecologia da Paisagem explica como se processa a interação entre a paisagem geográfica e ecológica, mais especificamente, entre os organismos vivos (inclusive o homem) e o ambiente físico (Christofoletti, *Op. Cit.*).

A morfogênese atua no ambiente fluvial do Rio Madeira, contribuindo para formação do relevo, a partir da ação dos processos de erosão sobre os processos de sedimentação. Um importante fator condicionante da ação erosiva é o intemperismo que atua no ambiente de forma a reduzir as partículas das rochas, bem como dos solos sob processo de maturação à formas mais simples e diminutas, facilitando seu transporte e promovendo a modificação contínua do relevo e reestruturação da paisagem. No processo erosivo verificado nas encostas do leito fluvial, o curso fluvial que atua como receptor dos seus afluentes, bem como das águas superficiais oriundas das chuvas nas vertentes, receberá considerável quantidade de carga sólida e dissolvida. De acordo com a intensidade da erosão, a quantidade de sedimentos depositados no rio pode exceder sua capacidade de suporte, acarretando em sérios prejuízos à sua qualidade em vazão e navegabilidade (Guerra & Cunha, 1996).

Para contextualizar, Nunes (2004), infere que os solos formados a partir dos sedimentos fluviais do Rio Madeira apresentam altos índices de vulnerabilidade ambiental e quando servindo de substrato à ocupação humana, são diretamente afetados pela remoção da cobertura vegetal, dessa maneira, a erodibilidade destes solos cresce de acordo com a ampliação do risco ambiental ao qual estão submetidos.

As categorias de análise da vulnerabilidade natural aos processos erosivos são estimadas em estáveis, intermediárias e instáveis. Os critérios de avaliação são aplicados à mensuração do nível de estabilidade dos ambientes naturais, como forma de identificar a capacidade de suporte à ação antrópica sobre os ecossistemas. Nestes termos, a vulnerabilidade natural à erosão considera os índices de cinco aspectos ambientais: geologia, geomorfologia (relevo), pedologia, vegetação e clima. O resultado final expressará o grau geral de vulnerabilidade, por meio da correlação destes aspectos ambientais (Brasil, 2000).

Do ponto de vista sistêmico e considerando que o Rio Madeira sofre pouca influência de seus tributários, há que se considerar estes aspectos ambientais predominantes na sub-bacia do Rio Madeira em função dos impactos previstos para jusante das barragens Santo Antônio e

Jirau. Nestes termos, são explicitados a seguir os aspectos ambientais mais relevantes da área de estudo.

5.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Identificar os grupos de rochas predominantes, ou seja, as características geológicas que o ambiente em estudo apresenta, no que diz respeito ao seu histórico evolutivo e as feições físico-químicas de sua constituição atual, se faz essencial para a pesquisa em pedologia, pois, a composição mineral das mais variadas classes de solo, advém em parte, da feição litológica originais (Silva, 1995).

A decomposição das rochas a partir da ação do intemperismo será limitada pelo grau de coesão dos minerais que as compõem. Algumas rochas apresentam baixo grau de coesão (rochas sedimentares), com minerais pouco agregados em conseqüência do tipo de ligação existente entre os elementos formadores, denominadas ligações iônicas. Há rochas com maior grau de coesão (rochas graníticas), apresentando ligações estáveis covalentes entre os elementos. Diante das características presentes, as rochas irão apresentar-se mais ou menos susceptíveis aos processos de intemperismo físico, químico e biológico, o que promove a decomposição das mesmas e conseqüente transporte dos derivados mais leves (Brasil, 2000).

A geomorfologia representa a estruturação dos aspectos morfológicos da paisagem característica do ambiente em estudo, no que diz respeito aos indicadores morfométricos de declividade, amplitude altimétrica, dissecação do relevo, bem como estruturação e adaptação do ambiente físico aos regimes dinâmicos de alteração condicionados pelo clima predominante e hidrografia local (Guerra & Cunha, 1998).

O aspecto topográfico do ambiente natural resulta do produto das interações entre os agentes intempéricos externos – ação da água, vento, biota e composição interna – processos geológicos, litologia/pedologia. Assim formam-se as feições geomorfológicas atuais, em um mecanismo contínuo de construção e lapidação. Ambientes com relevo acidentado e elevada amplitude altimétrica, retêm e transformam regularmente grande quantidade de energia potencial em energia cinética, através da ação das águas pluviais. Esse fenômeno é indutor potencial dos processos erosivos no solo. A intensidade de dissecação será tão maior quanto maior a amplitude altimétrica (Guerra & Cunha, *op. cit*.).

Filho *et. al.* (1999) discutem a morfologia do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, o qual abrange cinco compartimentos morfoestruturais regionais que dão origem ao

vale fluvial do Rio Madeira, sendo eles: Bacia Subandina de Beni, Depressão do Guaporé, Alto Estrutural de Guajará-Mirim-PortoVelho, Planalto Rebaixado da Amazônia e Planície Amazônica (Figura 13).

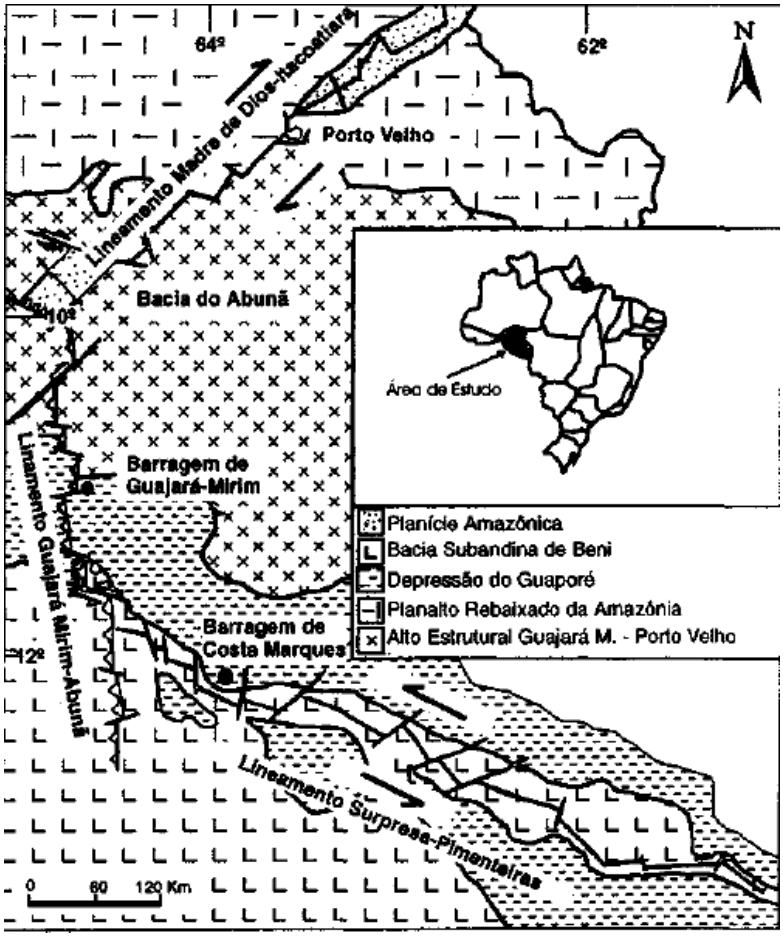


Figura 13. Compartimentação morfoestrutural do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira.

Fonte: Retirado de Filho *et.al.* (1999).

Esta compartimentação morfoestrutural foi re-classificada por Filho et. *al.* *(op. cit*) através de uma relação entre elementos morfológicos e sedimentares e os padrões de drenagem da região, o que resultou no estabelecimento de três domínios:

Domínio I: características morfoestruturais relacionadas a evolução quaternária da Bacia do Rio Beni;

Domínio II: Relacionada ao Alto Estrutural Guajará-Mirim-Porto Velho

Domínio III: Relacionado a evolução da Planície Amazônica

A área de estudo se caracteriza como um ambiente de sedimentação continental fluvial, onde são encontradas rochas do tipo sedimentar[4].

Ocorrem duas unidades estratigráficas principais ao longo da área de estudo: Formação Solimões e Aluviões. As rochas pertencentes à Formação Solimões são compostas por arenitos[5], argilitos e siltitos de idade plio-pleistocênica. A Formação Solimões é caracterizada por pequenos eventos geológicos e apresenta feições de ambiente flúvio-continental, sendo representado por sedimentos de transbordamento de canal (argilitos). Aos depósitos de transbordamento interligados ocorrem depósitos residuais de canal e de barras em pontal, representados pelos arenitos (Brasil, 1978).

De acordo com Brasil (2001), é rara a existência de afloramentos nos domínios da Formação Solimões. Nos vales de drenagem, os sedimentos são recobertos pelos depósitos sub-recentes (terraços fluviais) e modernos (planícies aluvionares) (Brasil, *op. Cit*.). A sedimentação característica da Formação Solimões é flúvio-lacustre, devido as rochas da unidade serem compostas por arenitos semifriáveis a friáveis[6], submetidas a um alto grau de intemperismo. São verificados também, em estratificação cruzada, os argilitos laminados, cremes e variegados, com presença comum de estruturas de sobrecarga e siltitos avermelhados. Em torno da cidade de Humaitá-AM, podem ser encontrados arenitos inconsolidados, grossos a médios, com ou sem intercalações de argila. Ao longo de todo o domínio geológico, é verificada a presença de rochas intemperizadas, formando perfis lateríticos incompletos. É recorrente a presença de blocos de arenitos, principalmente nos barrancos do Rio Madeira, chamados (laterizados), que são produto do processo de ferrificação no interior do perfil ocasionado pelo deslocamento do (paleo) lençol freático (Brasil, *op. Cit*.).

Sobre a Formação Solimões são identificados, solos sob processo de latosolização: decomposição intensa, sob condições de alta temperatura e umidade, onde os minerais primários e secundários são decompostos produzindo materiais de textura fina. A sílica e as

---

[4] Segundo Dana (1984), as rochas sedimentares são definidas como: "... secundárias no que diz respeito à sua origem; os materiais de que se compõem derivaram da alteração (intemperismo) de algumas massas de rochas preexistentes. Elas se depositaram em áreas de acumulação pela ação da água ou, menos freqüentemente, pela ação de geleiras ou do vento. A alteração inclui tanto a decomposição química como a desintegração mecânica, e assim, os produtos finais consistem em minerais argilosos, em sais solúveis diversos e grãos de minerais inertes: quartzo, zircão, rutílio e magnetita".

[5] Arenitos são camadas de areia consolidadas em massas rochosas. Os grãos de areia são unidos por meio de um tipo de cimento que pode ser de sílica, carbonato (calcita), óxido de ferro (hematita ou goetita) ou material argiloso de granulação fina. O tipo de cimento confere a cor da rocha; sendo o cimento formado por sílica ou calcita, a cor da rocha será clara (amarela-pálida, amarela-vermelha, branca e cinza, entre outras) (Dana, *op. cit*.).

[6] Friabilidade é um termo que descreve o grau em que os minerais de uma rocha ou solo se desagregam (Art, 2001).

bases trocáveis presentes na superfície de colóides são lixiviadas, sendo substituídos por íons H^+, o que confere acentuada acidificação, deste modo, os óxidos de Fe e Al tendem a se acumular aumentando a macroporosidade do solo (Resende *et. al*., 1999).

Os depósitos Aluvionares Sub-recentes e Recentes também são verificados na área de estudo. Nesta unidade, há dois tipos de depósitos, o primeiro corresponde aos terraços fluviais, e o segundo corresponde às áreas de acumulação inundáveis, assim como os depósitos aluvionares modernos.

Há variações na composição do material geológico correspondente a unidade dos Depósitos Aluvionares em relação às duas margens do Rio Madeira. Na margem esquerda, é verificado um maior desenvolvimento dos terraços, que são diferenciados de acordo com os níveis topográficos, recebendo a denominação de altos terraços e baixos terraços. Na margem direita, não se verifica a presença dos altos terraços, no entanto, as Áreas de Acumulação Inundáveis são recorrentes. Essas feições apresentam depósitos aluvionares, que não apresentam, necessariamente, coincidência com a rede hidrográfica atual. A maior concentração dessas feições está presente no interflúvio entre os rios Manicoré e Aripuanã. Os depósitos aluvionares modernos apresentam estratificações em colmatagem horizontal e são originados por materiais trabalhados pelo rio de acordo com a sazonalidade climática e do regime hidrológico (Brasil, 2001). Estes materiais transportados e depositados pela dinâmica fluvial do Rio Madeira são encontrados no relevo da planície de inundação, a exemplo da deposição sedimentar de Aluviões Atuais no vale do Cuniã (Brasil, 1978).

O Rio Madeira é classificado como rio de águas brancas, por apresentar alta carga de sedimentos transportados em seu leito (Sioli, 1991). Seu curso apresenta-se de forma preponderantemente retilínea, ocorrendo eventuais meandros ao longo do leito fluvial.

O Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental é talhado sobre os sedimentos inconsolidados da Formação Solimões e Alter do chão. A feição geomorfológica predominante são relevos com altimetria em torno de 100m. A faixa de transição Planície Fluvial corresponde às planícies fluviais dos Rios Madeira e Purus. São identificadas duas unidades de relevo: terraços de idade pleistocênica, caracterizados por tesos sedimentares formados quando o nível de base do rio era mais alto, durante os períodos interglaciais e a planície de inundação, que abrange os igapós e as várzeas, terrenos geologicamente mais jovens da Amazônia, compostos por sedimentos acumulados na área de inundação do Rio Madeira (Brasil, *op. cit.*).

Algumas características são apontadas a respeito da componente geomorfologia na região em estudo: a primeira refere-se a homogeneidade do relevo nas áreas interfluviais, justificada pela permanência de relevos não alterados. A segunda se refere à não homogeneidade verificada nas planícies fluviais da margem esquerda do Rio Madeira, onde a ação tectônica ainda continua gerando variações geomorfológicas. Verifica-se uma menor faixa de planície na margem esquerda do Rio Madeira, o que explica a não ocorrência de meandros nesta margem. No entanto, a planície torna-se expressiva na margem esquerda, no chamado baixo Madeira, a partir da boca do furo do Rio Madeirinha (Nova Olinda do Norte-AM) (Brasil, *op. cit*.).

5.2 SOLOS

A classificação do solo, de acordo com Tricart (1977), determina conceitualmente, quais os indicadores da ocorrência de solos sob processos morfogenéticos e pedogenéticos. O estádio de evolução do solo é produto direto da relação morfogênese/pedogênese, a qual determina a maturidade do mesmo. Ambientes em que prevalecem os processos de morfogênese promovem a ação da erosão (Tricart, *op. Cit*.). Já ambientes nos quais prevalecem os processos pedogenéticos permitem que o desenvolvimento do solo ocorra de maneira gradativa, gerando assim, solos mais maduros do ponto de vista mineralógico e morfológico.

As classes de solos presentes na área de estudo desenvolvem-se e apresentam propriedades físicas, químicas e biológicas de acordo com o as características geológicas, geomorfológicas e bio-climáticas. Nas áreas de planície fluvial de acumulação, por exemplo, desenvolvem-se solos do tipo Neossolos Flúvicos e Gleissolos. As tipologias dos Neossolos e Gleissolos possuem normalmente granulometria marcada por materiais de textura pesada, argila e siltes depositados através do processo de colmatagem. De acordo com o regime de cheia e vazante, poderá apresentar nos diques marginais, texturas mais arenosas (Brasil, 1978).

Os Gleissolos são solos pouco desenvolvidos, por se formarem em ambientes com lençol freático próximo à superfície ou com regime de inundação durante parte do ano. Essa periodicidade na alternância de umidade possibilita, quando o solo está saturado em umidade, a gleização dos horizontes, causada pela redução do ferro livre em ausência de oxigênio. Já no período de menor umidade, pode ocorrer a formação de mosqueados de coloração avermelhada, por efeito da oxidação (Silva, 1995). Os Gleissolos são constituídos por

minerais pouco desenvolvidos e, devido a sua formação pedogenética, apresentam-se normalmente mal drenados compostos por argilas de baixa ou alta atividade. Estão presentes nas planícies aluviais recentes, em associação com os Neossolos e tem sua origem em sedimentos argilo-siltosos correspondentes ao Quaternário Recente, com formação vegetal de Floresta Ombrófila Aberta e Floresta Ombrófila Densa aluvial. Quanto à fertilidade natural, podem apresentar-se eutróficos ou distróficos (Brasil, 1999).

Os Neossolos, também são caracterizados por seu desenvolvimento incipiente e são encontrados nas margens de cursos d'água, formados pela deposição de partículas transportadas pelo curso fluvial. Ocorrem em áreas de relevo plano, com origem nos sedimentos recentes do Quaternário. A formação vegetal associada a essa classe de solos são: a Floresta Ombrófila Aberta e a Floresta Ombrófila Densa aluvial (Brasil, op. Cit.). Os Neossolos são caracterizados pelo seu baixo desenvolvimento, com camadas minerais e orgânicas pouco espessas. Sua formação denota resistência ao intemperismo, seja por suas propriedades físico-químicas ou, no caso dos Neossolos encontrados na planície fluvial do Madeira, pela influência do relevo – planícies periodicamente inundadas – que limitam e atrasam a decomposição e evolução dos materiais sedimentares depositados periodicamente, além da constante renovação e remoção de camadas dentríticas recentes.

Outra classe comumente encontrada na área de estudo, corresponde aos Plintossolos, que são caracterizados por um maior nível de desgaste. São fortemente ácidos, com drenagem imperfeita em decorrência da conformação dos horizontes subsuperficiais sob influência da textura herdada do material de origem. Caracteristicamente forma mosqueado a partir do horizonte B_1 e no horizonte B_2 verifica-se a ocorrência de material argiloso, altamente intemperizado, rico em sesquióxidos e pobre em húmus ou, se submetido a fases de umedecimento e secagem, são formadas concreções denominadas plintitas (Vieira, 1975). São originados por sedimentos areno-argilosos e apresentam em geral, baixa fertilidade natural (Brasil, 1999).

Nas áreas conservadas, classificados por terraços há formação de Latossolos e Argissolos plínticos (Brasil, 1978). Os Latossolos Amarelo apresentam-se muito lixiviados, profundos com horizonte B latossólico, com textura variando entre média a muito argilosa e pouca diferenciação entre os horizontes. No horizonte B latossólico, há predominância de sesquióxidos e argila do tipo 1:1, com alto grau de floculação, o que dificulta a iluviação da argila e a diferenciação de suborizontes (Rodrigues, 1996). São solos que apresentam seqüência de horizontes A, B e C com origem em sedimentos argilo-arenosos do Terciário,

encontrado em áreas de relevo plano a suave ondulado de formações vegetais: Florestas Ombrófilas Densa e Aberta (Brasil, *op. Cit*).

5.3 VEGETAÇÃO

A Floresta Tropical Úmida da Amazônia contribui para a manutenção da biodiversidade regional, sendo responsável pelo armazenamento da maior parte dos nutrientes necessários à manutenção das interações ecológicas. Seu grande desenvolvimento é condicionado à alta temperatura e pluviosidade característicos das baixas latitudes. O dossel, em conseqüência da grande convergência na arquitetura das árvores, apresenta-se relativamente fechado e homogêneo. A absorção dos nutrientes provenientes da decomposição da massa orgânica no solo se processa a altas velocidades, sendo o ciclo intermitente promovido pela queda e reciclagem anual das folhas faz com que os nutrientes armazenados retornem ao solo, dando continuidade ao processo (Brasil, 1978).

Na Floresta Tropical Úmida, os elementos movem-se através do sistema de ciclagem de nutrientes por três caminhos distintos básicos: queda de material orgânico da copa para o chão; interceptação da água da chuva pela copa, promovendo a lixiviação dos elementos ao longo das folhas, ramos e caules e por meio da translocação no sistema solo-planta. Além das transferências que ocorrem dentro da floresta, deve-se levar em conta os sistemas de saída e entrada desses elementos na floresta, de modo que os mesmos podem introduzir-se por meio da chuva e do intemperismo do material de origem, a rocha matriz e tem sua saída principal nas vias de escoamento superficial que drenam a bacia florestal (Golley, 1978).

De acordo com Brasil (1992), foi designado o termo Floresta Ombrófila Densa, como forma de substituir o termo Floresta Pluvial Tropical, ambos com o mesmo significado: “amigo das chuvas”. A Floresta Ombrófila Densa Aluvial ocorre ao longo dos cursos d’água ocupando terraços antigos das planícies quaternárias. Sua constituição corresponde a macro, meso e microfanerófitas de rápido crescimento. Apresenta um dossel emergente, com presença de palmeiras, como também muitas lianas lenhosas, herbáceas e epífitas. A Floresta Ombrófila Aberta apresenta quatro faciações florísticas imprimindo claros à Florestas Ombrófila Densa, apresenta gradiente climático com mais de 60 dias secos por ano e reveste as mais variadas formas de relevo, com diferentes épocas geológicas, sendo encontrada na planície aluvial, compostas, sobretudo por palmeiras. No sistema de ciclagem de nutrientes em floresta de várzea, a contribuição dos corpos d’água, principalmente daqueles

quimicamente ricos em sedimentos, é de vital importância à manutenção das maiores taxas de produção primária nesses biótopos. O Rio Madeira, rico em sedimentos em suspensão, colabora como um fornecedor intermitente de nutrientes contidos na superfície iônica das partículas de argila (Brasil, 2004).

As Matas de terra firme são compostas de florestas compactas, higrófilas e perenifólias. O dossel compacto de suas árvores retém 95% dos raios solares, influindo na baixa luminosidade e alta umidade do interior da floresta. Os principais tipos arbóreos encontrados são: palmeiras (paxiúba), cedros, castanha-do-pará, samaúmas, entre outras.

Na floresta Amazônica e, em especial, na floresta de terra firme, a circulação fechada de nutrientes ocorre pela existência de um sistema radicular superficial que reabsorve rapidamente os nutrientes liberados pela decomposição da matéria viva, o que permite afirmar que a floresta é alto sustentável com relação ao suprimento nutricional, sendo o solo, apenas o substrato para sua fixação (Golley, 1978).

As diferenças na composição florística das Matas de Várzea são condicionadas pela duração do período de inundação a que essas são expostas. As árvores que habitam áreas mais próximas ao leito do rio apresentam feições parecidas com as Matas de Igapó, enquanto que os vegetais mais distantes apresentam características comparativas com os espécimes da terra firme. Destaca-se pelo maior porte de suas árvores, troncos mais grossos, esgalhados, maior número de cipós e maior número de espécies que perdem as folhas nos meses mais secos (Brasil, 1992).

5.4. CLIMA

A influência do clima na formação dos solos ocorre por efeito da radiação solar através do calor, da precipitação pluviométrica, através da água e da pressão atmosférica, através dos ventos. Na área em estudo, a temperatura e a umidade têm efeitos diretos na formação dos solos. As médias altas de temperatura durante grande parte do ano e alta pluviosidade garantem, por conseguinte, que a decomposição dos minerais e matéria orgânica ocorra de maneira mais acelerada. Neste processo de decomposição, o calor, por exemplo, atuará no intemperismo físico das rochas, no intemperismo químico e processos biológicos do perfil de solo. A água tem efeito direto na alteração dos minerais, através das reações de hidrólise, o que significa a quebra das ligações dos minerais pela presença de íons H^+ (Prado, 2003).

A Região Norte apresenta uma variabilidade térmica relativamente homogênia, tanto espacial quanto estacional, ocorrendo pouca variação na temperatura, no entanto, o mesmo não acorre com relação a pluviosidade. Toda a região possui clima quente, pois todos os meses se mantêm com temperatura média superior a 22° C. Quanto ao aspecto do regime de umidade ou regime de duração dos períodos secos, o clima da Região Norte possui três subdomínios climáticos, sendo eles *superúmido* sem seca, *superúmido* com subseca, *úmido* com 1 a 2 meses secos, *úmido* com 3 meses secos e *semi-úmido* com 4 a 5 meses secos (Nimer, 1989).

A área em estudo está inserida no domínio climático *quente* e subdomínio climático *úmido* variando com 1 a 2 meses secos e 3 meses secos. Ao considerar a marcha estacional de precipitação e os sistemas de circulação atmosférica que lhes dão origem, classificam os climas *superúmidos* e *úmidos* como equatoriais, embora o clima úmido apresente caráter transicional para *tropical*. No clima equatorial, os paralelos 2 a 5° sul dividem a Região Norte em duas zonas, sendo que o trecho em estudo está sob influência da zona com máximo pluviométrico acontecendo no verão e o mínimo no inverno.

O sistema de circulação atmosférico da região norte é o principal fator de distribuição sazonal das chuvas no Brasil setentrional e apresenta os maiores índices de pluviosidade do país, considerando o maior total pluviométrico anual. Neste aspecto menciona-se o litoral do Amapá na foz do Rio Amazonas, o setor ocidental da Região Norte, cuja pluviometria supera os 3000mm anuais e um terceiro setor que apresenta pluviosidade abundante, no médio Madeira onde a pluviometria excede os 2700mm anuais (Nimer, *op. cit).*

Há duas estações climáticas bem definidas que contribuem diretamente para o declínio e aumento da vazão total do Rio Madeira (Brasil, 1996 ; Brasil, 2001). Deste modo, o período das cheias (outubro a março), coincide com os índices máximos de precipitação mensal, assim como o período de vazante (abril a novembro) são registrados os menores índices de precipitação, se instalando o chamado “verão amazônico” (Figura 14).

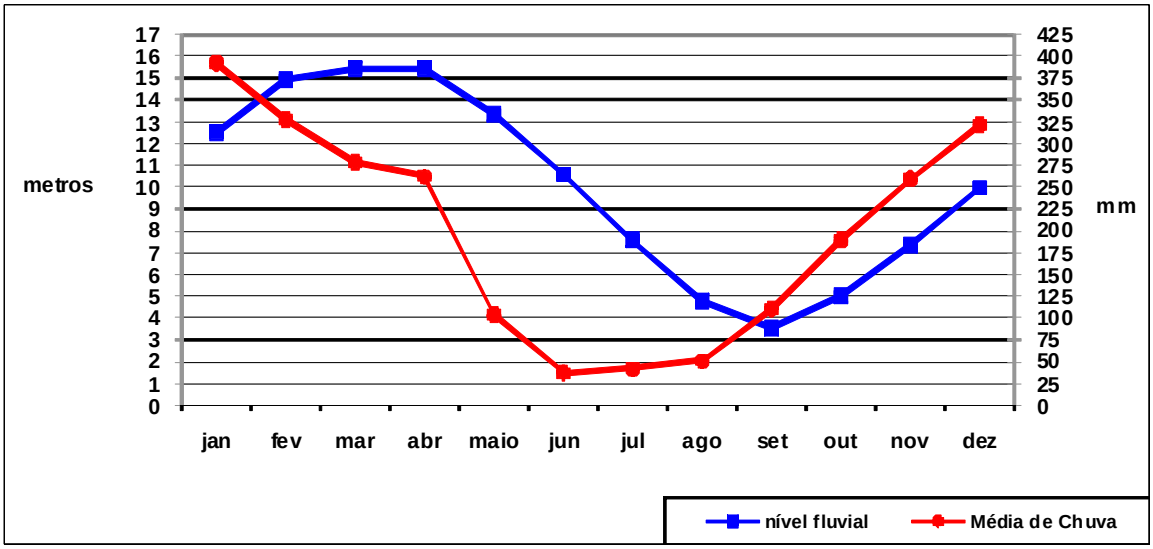


Figura 14. Relação entre o regime fluvial e pluviosidade na planície fluvial do Rio Madeira

Fonte: Retirado de Nunes (2004).

5.5 HIDROGEOQUÍMICA DO RIO MADEIRA

Nos sistemas hídricos, a água atua como solvente de substâncias e por meio da energia cinética, transporta materiais sólidos e dissolvidos. Quando um sistema hídrico apresenta baixa descarga em sua vazão, ele tende a formar canais bem definidos em vales encaixados. Considerando uma alta carga de vazão, o sistema hídrico normalmente compõe extensas planícies que são inundadas de forma recorrente (Junk, 1989), a exemplo de inúmeros rios que compõem a bacia Amazônica. Nesta, há correspondência física e química entre alguns tributários que deságuam no Rio Amazonas, devido principalmente à origem comum de suas nascentes. O Rio Madeira apresenta semelhança hidrogeoquímica com o Rio Solimões, que também é destacado como rico em sedimentos em suspensão. Esses rios são um dos principais tributários do Rio Amazonas e sustentam um sistema complexo de sedimentos Quaternários na sua planície fluvial (Latrubesse & Franzinelli, 2002).

Os maiores tributários do Rio Amazonas são respectivamente: Rio Solimões, que contribui com 56% da vazão total; o Rio Negro com 16%; Rio Madeira, contribuindo com 17% ; rios Tapajós, Trombetas e Xingu com 11% (Molinier *et. al.*, 1993).

Dos afluentes citados, apenas os Rios Madeira e Solimões tem suas cabeceiras drenadas a partir da Cordilheira dos Andes, diferenciando-se em relação ao nível de

complexidade de suas formações geológicas no ambiente andino. Na Cordilheira, a bacia do Rio Solimões é formada por embasamentos do Pré-cambriano, constituído por sedimentos e rochas ígneas e metamórficas. Esta porção da bacia é caracterizada também por uma atividade geológica recente, que parte do período Terciário até o estágio presente. O nível mais baixo de sua drenagem é composto por sedimentos do Pós-Paleozóico e sedimentos flúvio-lacustres do Terciário (Gaillardet *et. al,* 1997).

A composição da bacia do Rio Madeira na Cordilheira dos Andes é menos complexa, quando comparada à bacia do Rio Solimões, pois é composta por sedimentos Paleozóicos mais recentes associados a xistos e raros evaporitos cambrianos. O curso mais baixo do Rio Madeira, assim como do Solimões, drena sedimentos flúvio-lacustres do período Terciário (Gaillardet et. al, *op. cit*.).

Em se tratando de rios de águas brancas, é fundamental conhecer a distribuição dos sedimentos em suspensão e variações granulométricas desses sedimentos ao longo dos gradientes geomorfológicos em sistemas hidrológicos (Guyot *et. al* . 1999), pois são esses sedimentos que irão recompor continuamente a fertilidade dos solos formados sob influência do sistema. Da mesma forma, interações de dependência são estabelecidas entre sedimentos de fundo e grau de turbidez influenciando a especificidade biológica, o que distingue a ecologia dos ecossistemas amazônicos (Sioli, 1984 *Apud* , Guyot, *et. al.*, 1999). Neste sentido, (Guyot et al. 1988, 1989 *Apud* Guyot, *et. al.*, 1999) indica que mais de cinqüenta por cento dos sedimentos exportados dos Andes que são transportados através do Rio Madeira, são depositados na planície amazônica. A média do tamanho das partículas granulométricas que formam o sedimento em suspensão nos tributários do Rio Beni varia entre 0,02 e 0,10 mm de diâmetro, dado este que apresenta correspondência com a variação encontrada nos sedimentos de fundo nas planícies amazônicas.

Foi constatado por Guyot, *et. al.* (*Op. Cit*.), que há uma zona de transição no Piemonte Andino, área preferencial de acumulação do sedimento Andino, a partir da qual, apenas os materiais mais finos são transportados para a Amazônia, com as planícies fluviais atuando como reguladoras nessa transferência. O que explica a homogeneidade da granulometria dos sedimentos de fundo e de suspensão ao longo de centenas de quilômetros nos Rios Beni e Mamoré.

De acordo com o Relatório de Monitoramento da Hidrovia do Madeira (Ahimoc, 2002), a quantidade de material sólido transportado no ponto inicial do Território Brasileiro corresponde a 2,7 X 10^8 toneladas/ano, deste total, 15% é composto por material dissolvido e 85% por material particulado (em suspensão e de fundo). Em Bastos (2004) são apresentados

valores de sedimentos em suspensão dos Rios Mamoré e Madeira amostrados em diferentes pontos de coleta e períodos, conforme Quadro I.

Quadro I - Sedimentos em suspensão no Rio Mamoré e Madeira

Local	**Sedimentos em suspensão ($mg.L^{-1}$)**	**Período**
Rio Mamore 1	5,43	Final Estiagem 2002
Rio Madeira 2	183,00	Final Estiagem 2002
Rio Madeira 3	330,61	Final Estiagem 2003
Rio Madeira 4	523,48	Final Cheia 2004

Fonte: Modificado de Bastos (*op. Cit.*)

Em Ahimoc (op. Cit.) consta que o mineral argila compõe em média 93% dos sólidos totais em suspensão. Segundo Filizola (1999), a bacia do Rio Madeira contribui com 35% do fluxo global de sedimentos em suspensão na bacia amazônica brasileira, estando atrás apenas da bacia do Rio Solimões que contribui com cerca de 60%-62% .

Os grandes rios que drenam as florestas tropicais, a exemplo do Purus, Madeira, Negro, exibem uma descarga intensa em forma de altos picos que é variável na estação de chuvas, com considerável decréscimo das suas vazões no período de estiagem.

Em compilação realizada por Latrubesse *et. al.* (2005), a Bacia do Rio Madeira, contribui com 50% do total de sedimentos suspensos transportados pelo Rio Amazonas, valor que é estimado entre 248 e 600 milhões de toneladas ao ano. O Rio Beni, tributário do Rio Madeira, contribui com carga sedimentar em torno de 165 milhões de toneladas anuais. O Rio Mamoré, da mesma categoria, contribui com 65 milhões de toneladas por ano. Este sistema integra a estimativa de que mais de 90 % dos sedimentos do hidrossistema do Rio Amazonas, provém dos rios de procedência andina. O mesmo autor ressalta que, por se tratar de uma extensa bacia, grande parte dessa carga sedimentar não alimenta o oceano, pois uma porção significativa é depositada ao longo da planície receptora. O alto índice pluviométrico somado ao relevo altamente acidentado dos Andes, são variáveis que alimentam continuamente a perda de material sedimentar em direção à Planície Amazônica.

6. ESTRUTURA E FORMAÇÃO DOS SOLOS NA PLANÍCIE FLUVIAL

O solo pode ser definido como um corpo dinâmico, produto do intemperismo de ordem física, química e biológica sobre as estruturas dos minerais que compõem as rochas. Esse intemperismo atua de modo a decompor os minerais primários em secundários, sob a influência das variações do clima, do material de origem, dos organismos vivos, do relevo e do tempo (Mason, 1980 ; Prado, 2003). Lepsch (2002) lembra que o primeiro estudioso a considerar o solo como um corpo dinâmico, formado pela influência de fatores ambientais diversos, foi o russo V. V. Dokouchaiev, que no século XIX identificou camadas diferenciadas no solo, que, seriam geradas através da ação de variáveis ambientais como o clima.

A partir desta abordagem, a ciência do solo buscou então identificar e entender todos os fatores que poderiam estar influenciando na formação do solo, principalmente quanto a sua gênese e produtividade, pois desta elucidação, poderia se ter maior controle sobre questões cruciais para o desenvolvimento humano, como a produção de alimentos, por exemplo.

Deste modo, a formação do solo está condicionada à ação do chamado intemperismo sobre as rochas, que constituem o material de origem, a partir do qual, materiais serão fragmentados e minerais serão decompostos em formas mais simples. Várias são as conseqüências do intemperismo, entre elas destaca-se a modificação contínua do relevo e reestruturação da paisagem (Guerra e Cunha, 1996).

Na área de estudo (planície fluvial do Rio Madeira), um processo diferenciado de formação pedológica, ganha destaque: o processo erosivo e sedimentar verificado no ambiente de várzea, que age de modo a viabilizar a remoção e ou deposição de sedimentos inconsolidados nas margens, podendo vir a formar solos do tipo aluviais. Os solos marginais apresentam grande instabilidade do ponto de vista geomorfológico (Tricart, 1977), pois suas partículas formadoras podem ser drenadas em direção a calha principal do rio. Deste modo, o curso fluvial que atua como receptor de afluentes, bem como das águas pluviais por meio do escoamento superficial e infiltração nas vertentes, pode receber considerável quantidade de carga sólida e dissolvida. De acordo com a intensidade da erosão, a quantidade de sedimentos depositados no rio pode alterar sua dinâmica hidrológica, alterando a sua qualidade em vazão e navegabilidade (Guerra e Cunha, *Op. Cit.*).

Segundo Lepsch (2002), os solos dispõem de propriedades físicas e químicas com capacidade para promover a sustentação física e nutricional da biota. No ambiente sob

influência fluvial, é comum o desenvolvimento de solos submetidos ao excesso de água, pelo menos, durante parte do ano. Neste caso, é recorrente a intercalação entre reações de oxidação e redução, sendo que as reações de oxidação ocorrem na presença de oxigênio, por meio da qual são formados os óxidos. Quando as reações ocorrem com presença de água nos produtos secundários, serão formados hidróxidos (Quadro II). Os principais minerais envolvidos neste tipo de reação são os polivalentes, a exemplo do ferro e manganês, o que confere a cor avermelhada comum em alguns tipos de solos tropicais, como os perfis lateríticos, nos quais a reação recebe a denominação de ferrólise (Mann *apud* Guerra e Cunha, 1996).

Quadro II – Reações químicas nos Solos Tropicais

REAÇÃO QUÍMICA	ATIVIDADE
Hidrólise	Altera a estrutura dos cristais em função da acidez da água e concentração de íons
Oxidação	Atua mais comumente em minerais que possuam ferro mais solúvel (Fe^{2+}) e móvel em óxidos pouco solúveis
Redução	Dissolve o ferro (Fe^{3+}), que é menos solúvel
Solubilização	Dissolução completa, a exemplo da rocha calcária transformada em cavernas

Fonte: Adaptado de Lepsch (*op. cit.*) .

As reações de redução são comuns em solos superficiais em condições de acidez e redução devido a altos teores de matéria orgânica e ou, saturação por água, fazendo com que os oxihidróxidos de ferro sejam reduzidos e liberados para o ambiente ou para os níveis mais inferiores do solo, a exemplo dos solos formados pelo processo da gleização (formação de Gleissolos).

O material nutritivo do solo está disposto nas formas adsorvida e solúvel. Segundo Larcher (2000), apenas 0,2% dessa composição encontra-se disponível em solução; cerca de 2% está adsorvida nos colóides e 98% encontra-se incorporada aos materiais inorgânicos pouco solúveis, aos minerais ou à serrapilheira (camada orgânica composta resíduos vegetais e animais formada sobre o solo) e húmus. Estas formas alteram-se de acordo com o equilíbrio dinâmico de forma a disponibilizar os nutrientes aos vegetais constantemente.

Por meio das reações químicas, alguns elementos essenciais à nutrição dos vegetais são liberados e recebem a denominação de bases, sendo as principais: magnésio (Mg), cálcio (Ca), potássio (K) e o sódio (Na), são os chamados macronutrientes minerais (Vale, 1997).

Quando os elementos são disponibilizados a partir dos minerais primários, permanecem na superfície dos minerais secundários e do húmus, a partir desse estágio são facilmente assimiláveis pelas raízes das plantas em forma de solução (Lepsch, 2002).

A fertilidade natural então, é basicamente produto da interação de propriedades diversas que compõem a estrutura física e química do solo, assim, seus valores podem ser influenciados por fatores como a mineralogia, textura do solo, teor de matéria orgânica e pH (Vale, *Op. Cit*). Neste sentido é destacada a contribuição da matéria orgânica e de seus produtos como fonte de nutrientes e como agente agregador do solo; o índice pH relaciona-se a um dos diferentes tipos de acidez, que atuam de forma direta e indireta na disponibilização de nutrientes do solo para os vegetais e por fim, a composição granulométrica, que influencia na fertilidade natural e susceptibilidade aos processos erosivos, através da composição físico-química e tamanho da partículas minerais do solo.

Para se determinar a essencialidade de um elemento químico, Arnon & Stout (1939) *Apud* Dechen & Nachtigall (2006), indicaram alguns critérios que deveriam ser considerados, conforme Quadro III.

Quadro III – Critérios de Essencialidade dos Elementos Minerais

Critérios	Especificação da Essencialidade
1	Considera-se essencial àquele elemento que, quando deficiente, não permita que a planta se desenvolva de maneira completa (finalize seu ciclo vital);
2	Quando o elemento não pode ser substituído por outro de propriedades similares;
3	Quando o elemento atua no metabolismo da planta de maneira direta e não somente em relação ao incremento da produtividade do solo.

Fonte: Arnon & Stout (1939) *Apud* Dechen & Nachtigall (2006).

Pode-se inferir que a abundância de um elemento no solo não será sinônimo de essencialidade, pois os vegetais os assimilam de maneira muitas vezes não seletiva, ou seja, absorvem elementos que ocorrem em abundância, que no entanto, apresentam princípios tóxicos ao seu próprio desenvolvimento (Dechen & Nachtigall, *Op. Cit.*). Como resultado, os

elementos considerados como essenciais, pelo menos em relação a nutrição mineral das plantas e fertilidade do solo, são denominados por nutrientes minerais, classificados em:

- Macronutrientes: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S.
- Micronutrientes: B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn.

6.1 PROPRIEDADE QUÍMICA:

- Bases trocáveis: cálcio - Ca^{++}, magnésio - Mg^{++}, potássio - K^{+} e alumínio – Al^{+++};
- Carbono total (matéria orgânica - MO);
- Fósforo – P.

Em geral, nos solos tropicais brasileiros, os elementos potássio, cálcio e magnésio são encontrados em frações diminutas em função do avançado estágio de maturação que estes solos apresentam em sua grande maioria (Luchese *et. al* . 2002). No entanto, em se tratando de solos aluviais, estes cátions apresentam papel preponderante na nutrição vegetal, sendo incorporados ao solo a partir da mineralização da matéria orgânica e decomposição de minerais primários como a argila. Encontram-se disponíveis sob várias formas, exceto quando estão integrados aos minerais primários, a partir dos quais, só poderão ser assimilados pelos vegetais por meio dos processos de decomposição. Estão disponíveis nas seguintes formas: Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; K^{2+} .

O potássio representa a maior porcentagem nos vegetais, no entanto não constituem moléculas orgânicas ou estruturas nas células dos vegetais a exemplo do nitrogênio e do fósforo. O elemento contribui para energia do vegetal, translocação e armazenamento de assimilados e na conservação da água nos tecidos vegetais. É encontrado em duas formas distintas: como cátion livre na solução do solo; adsorvido na superfície dos minerais de argila e na matéria orgânica; como complexo de esfera-interna dentro dos minerais de argila e também como parte da estrutura de minerais primários. É o principal cátion que atua na neutralização de cargas e é o mais ativo componente inorgânico osmótico. Como interação com outros cátions, destaca-se o efeito negativo que a sua concentração em solução causa na absorção do magnésio. O potássio é requerido pelos vegetais em uma faixa ótima entre 20 e 50 g kg^{-1} de massa na componente vegetativa seca da planta, frutos e tubérculos (Dechen & Nachtigall, *op. cit*.).

O cálcio é encontrado nas formas trocável e solúvel; é mais abundante em solos argilosos, quando se apresenta dominante no complexo de troca na proporção de 65%, seguido do magnésio com 20 % e do potássio com 5 %. Já em solução, o cálcio não é representativo especialmente em se tratando de solos tropicais. Quando a drenagem do solo é normal, o cálcio trocável é predominante, seguido de níveis mais baixos de magnésio e potássio. O magnésio deve estar disponível para os vegetais na faixa de 1,5 a 3 g kg^{-1} amostrados na matéria seca da parte vegetativa da planta.

A matéria orgânica (carbono orgânico) é uma das principais fontes de nutrientes para os solos tropicais na Amazônia. Em seu estado não-oxidado, a matéria orgânica sofre a ação dos microorganismos que promovem a sua decomposição, o que libera os nutrientes necessários aos vegetais, como o nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, ferro, manganês, entre outros (Mason, 1980). Para o incremento da fertilidade natural do solo, deve-se atentar para conservação das reservas da matéria orgânica, o que proporciona a redução da necessidade de fertilizantes químicos, assim como o bom aproveitamento dos nutrientes absorvidos, por efeito da interação físico-química entre os elementos nutricionais e as partículas minerais e orgânicas.

Os nutrientes, para serem absorvidos pelas plantas, devem passar pelo processo de mineralização, que é a redução dos compostos orgânicos em formas inorgânicas. Tal processo decorre, sobretudo, da decomposição de plantas e animais pelos microorganismos, cuja ação se deve às suas altas taxas metabólicas e capacidade de alterar os compostos orgânicos de ocorrência natural. Outro meio de promover a mineralização dos nutrientes é pela combustão, caracterizada por incêndios ou queima de combustíveis orgânicos.

É efetiva a contribuição da matéria orgânica para a capacidade de troca catiônica, devido ao húmus, produto mais estável de sua decomposição, ter maior propriedade coloidal que as argilas silicatadas e possuir características eletronegativas em superfície, na qual são retidos os cátions com diferentes graus de valência. Outra contribuição importante está relacionada à ação da matéria orgânica nas propriedades físicas e biológicas do solo de modo a aumentar a estabilidade de seus agregados e melhorar a capacidade de retenção e infiltração da água, o que por sua vez, promove condições ótimas para as atividades biológicas (Goedert, 1985).

Os íons hidrogênio (H^+) do sistema solo apresentam-se retidos na fase sólida e em fração livre ou em solução, correspondente à acidez do solo que afeta de maneira direta e indireta os vegetais. Deve-se considerar a influência que a fase sólida exerce no H^+ em

solução, no entanto, a fração livre é considerada a mais ativa, pois tem grande efeito na disponibilidade de nutrientes. A acidez ativa é medida pelo índice de pH, que normalmente é determinado em água. Através desse método, os valores podem apresentar certas variações devido à presença de sais no solo, o que potencialmente reduz o pH (Luchese, *et. al.*, 2002).

O alumínio trocável (Al^{+3}) contribui para o aumento excessivo da acidez do solo por apresentar a característica de hidrolizar ao ser deslocado dos sítios de adsorção dos colóides, quando assim, produz íons H^+. A Acidez Potencial[7] é produto da adsorção dos H^+ (diretamente) e Al^{+3} (indiretamente) nos colóides, enquanto que a Acidez Não-Trocável é resultado da presença dos íons H^+ na fase sólida e não produz nenhum dano plantas.

Além de gerar acidez ativa, o cátion Al^{+3}, quando em solução, é extremamente fitotóxico, com ação direta no crescimento das raízes das plantas. O teor do Al^{+3} no solo representa a Acidez Trocável ou Acidez Nociva.

A neutralização da acidez não-trocável e acidez ativa, quando o valor do pH apresenta-se em torno de 6,0 a 7,0, tem efeito direto no aumento dos valores da CTC e contribui para a melhor atividade dos microorganismos presentes no solo. Assim, quando os valores do pH apresentam-se acima de 6,0, o solo não vai mais apresentar acidez trocável ou nociva, por todo o alumínio ter se precipitado na forma $Al(OH)_3$, não mais produzindo efeito nocivo algum às plantas (Vale *et. al.*, 1997).

6.2 PROPRIEDADE FÍSICA:

- Teor de Argila;
- Teor de Silte;
- Teor de Areia Total (areia grossa + areia média + areia fina).

Enquanto propriedade física, a textura do solo tem grande importância por apresentar características consideravelmente estáveis que permitem a identificação, descrição e classificação do solo, além de contribuir diretamente com a dinâmica de nutrientes no sistema solo – planta. A fração argila apresenta relevância, por algumas de suas propriedades como a

---

[7] A definição de acidez potencial se refere ao total de íons [H^+] presentes nos sítios de troca das superfícies ativa das argilas (Luchese, *et. al.*, *op. cit.*).

capacidade de troca catiônica, superfície específica[8], contração e expansão, estarem estreitamente relacionadas à fertilidade natural do solo.

A granulometria é empregada na determinação do gradiente das frações argila, areia e silte presentes no solo, sendo as frações areia, fragmentos menores de rocha e as frações silte e argila, partículas em forma coloidal de minerais intemperizados da rocha (Vieira, 1975). A detecção das frações do solo e a classificação por meio da Grade de Frações Granulométricas (Figura 15) aplica-se a este estudo por permitir a identificação do predomínio de cada fração na composição física do solo, que por sua vez influencia na susceptibilidade à desagregação e transporte (Resende, 1982 ; Jorge, 1985). A detecção dos respectivos percentuais indica também o nível de influência das frações na propriedade físico-química do solo, pois as partículas coloidais têm a capacidade de desenvolver cargas negativas ou positivas em superfície, de modo que essas cargas promovem a adsorção de cátions ou ânions, atuando como reservatório de nutrientes (Vale *et. al.* , 1997).

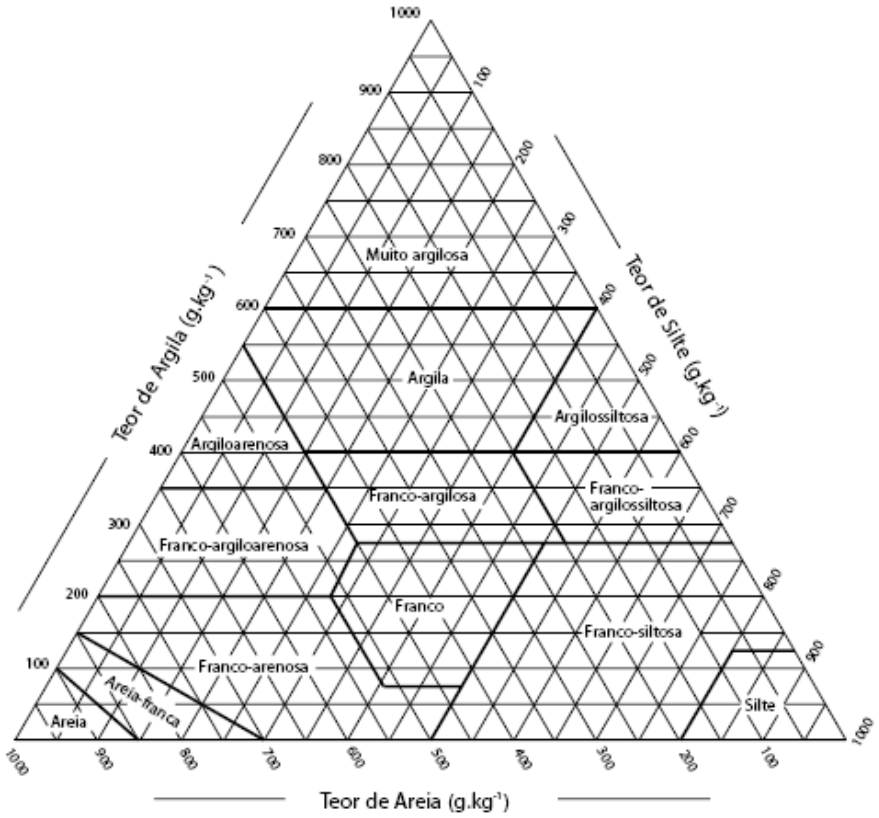


Figura 15. Grade de classificação das frações granulométricas do solo.
Fonte: Retirado de IBGE (2007).

[8] "Superfície específica de uma argila é definida como: (área da superfície externa) + (área da superfície interna das partículas constituintes), por unidade de massa, expressa em m^2/g" (Meira, 2001, p.2).

A composição mineralógica e química da argila influi em sua capacidade de troca catiônica, cujo princípio é estabelecido quando as valências negativas do oxigênio não são utilizadas totalmente no seu reticulado interno, assim, as cargas negativas acumulam-se em superfície, permitindo à partícula de argila apresentar propriedades de um ácido fraco, sendo logo neutralizado pelos cátions em solução do solo (Figura 16) (Demattê, 1988; Fontes, *et. al.*, 2001).

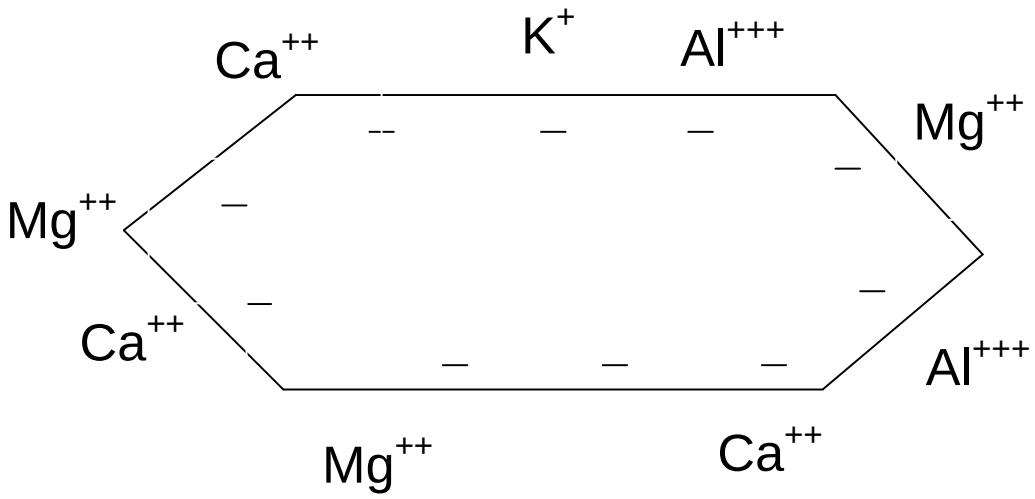


Figura 16. Adsorção de Cátions na Superfície da Partícula de Argila

Fonte: Adaptado de Lepsch (2002).

A superfície específica varia com a textura, que é inversamente proporcional ao tamanho da partícula e com o tipo de argilo-minerais, assim a fração argila que, ao contrário das areias e do silte, não é esférica ou cúbica, mas laminada e constituída por minerais cristalinos; apresenta maior número de sítios potenciais a adsorção dos cátions, daí sua maior capacidade em retê-los. Igualmente a argila, a matéria orgânica também contribui para a capacidade de troca catiônica, embora em uma dimensão bem mais significativa devido a sua superfície específica ser maior (Jorge, 1985).

A dispersão em meio aquoso é ocasionada pelas forças de repulsão devido às cargas negativas da partícula argila serem neutralizadas pelos cátions mais próximos e, parcialmente neutralizadas, por cátions mais hidratados como o sódio, que se situam distantes da partícula. Já a floculação ocorre quando, por exemplo, há saturação da argila pela “forte” adsorção de cátions bivalentes, como o Mg^{+2} e Ca^{+2}, aumentando a atração gravitacional, quando assim as partículas floculam (Jorge, *op. Cit.*).

Segundo Resende (1982), os fenômenos da contração e expansão apresentam maior expressão nas argilas do tipo 2:1[9], do grupo da esmectita, no entanto, os argilo-minerais predominantes nos solos da área de estudo, são do tipo 1:1[10], grupo da caolinita e óxidos de alumínio e ferro (Al_sO_3 e Fe_2O_3). As argilas silicatadas diferem entre si por suas propriedades como área específica e capacidade de troca, propriedades essas que classificam o nível de sua "atividade". A caolinita, por exemplo, é classificada como a de menor atividade dentro do grupo das argilas silicatadas, sendo sua capacidade de troca entre 3 – 15 cmol/dm^3 .

Os sesquióxidos (Al_sO_3 e Fe_2O_3) apresentam uma atividade ainda menor em relação a caolinita em relação a sua CTC. Em Alfaia (1988), análises envolvendo a capacidade de troca catiônica e a composição mineral do solo, indicam que, a caolinita é o principal mineral de argila encontrado em Latossolo Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo em perfis localizados na Amazônia Central. A presença da caolinita é ainda apontada como preponderante nos Latossolos e Argissolos de toda a região amazônica (Kitagawa & Moller *apud* Alfaia, *op. cit*.). Estas referências podem indicar que a componente orgânica do solo pode apresentar maior contribuição em termos de capacidade de troca catiônica em solos com composição mineral derivada dos silicatos de alumínio: feldspatos[11].

6.3 PROPRIEDADE FÍSICO-QUÍMICA:

- Acidez trocável - Al^{3+};
- Soma de bases trocáveis - SB;
- Capacidade de troca de cátions efetiva – t ;
- Capacidade de troca de cátions potencial - T;
- Porcentagem de saturação por alumínio - m%
- Porcentagem de saturação por bases da CTC a pH 7,0 - V%.

---

[9] Argilas do grupo 2:1 são denominadas trilaminares. São formadas pelo conjunto de duas lâminas tetraédricas de Si (silício), intercaladas por uma lâmina octaédrica de Al, unidas pelos oxigênios apicais dos octaédricos. Apresentam uma maior capacidade de expansão, com faces ativas entre as camadas, o que confere uma maior contribuição na retenção de cátions, com CTC de até 100cmol$_c$kg^{-1} (Luchese, *et. al.*, 2002, p. 30).

[10] Argilas do grupo 1:1 são denominadas bilaminares. São formadas pelo conjunto de uma lâmina tetraédrica com o Si ao centro envolto por oxigênios e oxidrilas. São caracterizados por apresentar estrutura rígida e não expansível, cuja atividade concentra-se na superfície, o que confere pouca participação nos processos de retenção de cátions (Luchese, *et. al.*, *op. Cit.* p. 28).

[11] Os feldspatos são considerados em Dana (1984, p. 536) como um dos grupos mais importantes de minerais. São formados pela união de silicatos de alumínio com potássio ($KAlSi_3O_8$), sódio ($NaAlSi_3O_8$), cálcio ($CaAl_2Si_2O_8$) e menos comum, com o bário. Sua importância na agricultura resulta da abundância em que são encontrados na crosta terrestre, presentes na composição das rochas (Luchese, *et. al.*, op. cit., p. 20).

A acidez trocável corresponde ao valor do alumínio - Al^{+3} e hidrogênio - H^{+} trocáveis adsorvidos nas superfícies dos colóides minerais e orgânicos. Quando o valor de H^{+} é baixo, é possível representar a acidez trocável apenas pelo valor do Al^{+3} em $cmol_c/dm^3$ ou $mmol_c/dm^3$. O valor detectado representará o grau de toxicidade do solo pelo alumínio.

A soma de bases trocáveis - SB indica o número de cargas negativas dos colóides que está ocupado por bases (cálcio, magnésio, potássio).

A Capacidade de troca catiônica efetiva ou CTC efetiva (t) revela a capacidade efetiva de adsorção das bases trocáveis na superfície dos colóides em pH natural do solo. Este dado é expresso em $cmol_c/dm^3$ ou $mmol_c/dm^3$.

A capacidade de troca catiônica potencial ou CTC potencial - T, expressa $cmol_c/dm^3$ ou $mmol_c/dm^3$, reflete a capacidade do solo em reter cátions a pH 7,0, assim, é denominada também por CTC a pH 7,0.

A percentagem de saturação de alumínio - m% expressa a fração da CTC efetiva que é ocupada por Al^{+3}.

A percentagem de saturação de bases da CTC a pH 7,0 (V%) representa quantos por cento da CTC estão ocupados pelas bases existentes no solo. Este parâmetro revela o caráter eutrófico (V% > 50) ou distrófico (V% < 50) do solo.

7. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi elaborado ao longo de três etapas de análise: a primeira correspondeu ao levantamento de dados primários, por meio da descrição e coleta de amostras de solo formados na planície fluvial do Rio Madeira. A segunda etapa correspondeu ao levantamento de dados secundários referente a três parâmetros da qualidade da água do Rio Madeira, que por sua vez configuram-se com indicadores do potencial de fertilização dos solos formados pela deposição dos sedimentos carreados por este rio. Em um terceiro momento, foi realizada a análise de relacionamentos dos dados, para assim, identificar qual a variabilidade da fertilidade das amostras de solo ao longo do Rio Madeira, bem como quais os principais aspectos que poderiam condicionar esta variação, conforme figura 17. Os relacionamentos entre os elementos indicadores da fertilidade foram processados por meio da aplicação da Regressão Linear simples, e análise multivariada por meio do Programa Systat 9.0 (Regressão Linear - Análise de agrupamento – Cluster - agrupamento por coluna em correlação Pearson - Análise da distância Euclidiana) de acordo com as referências de Mingoti (2005) .

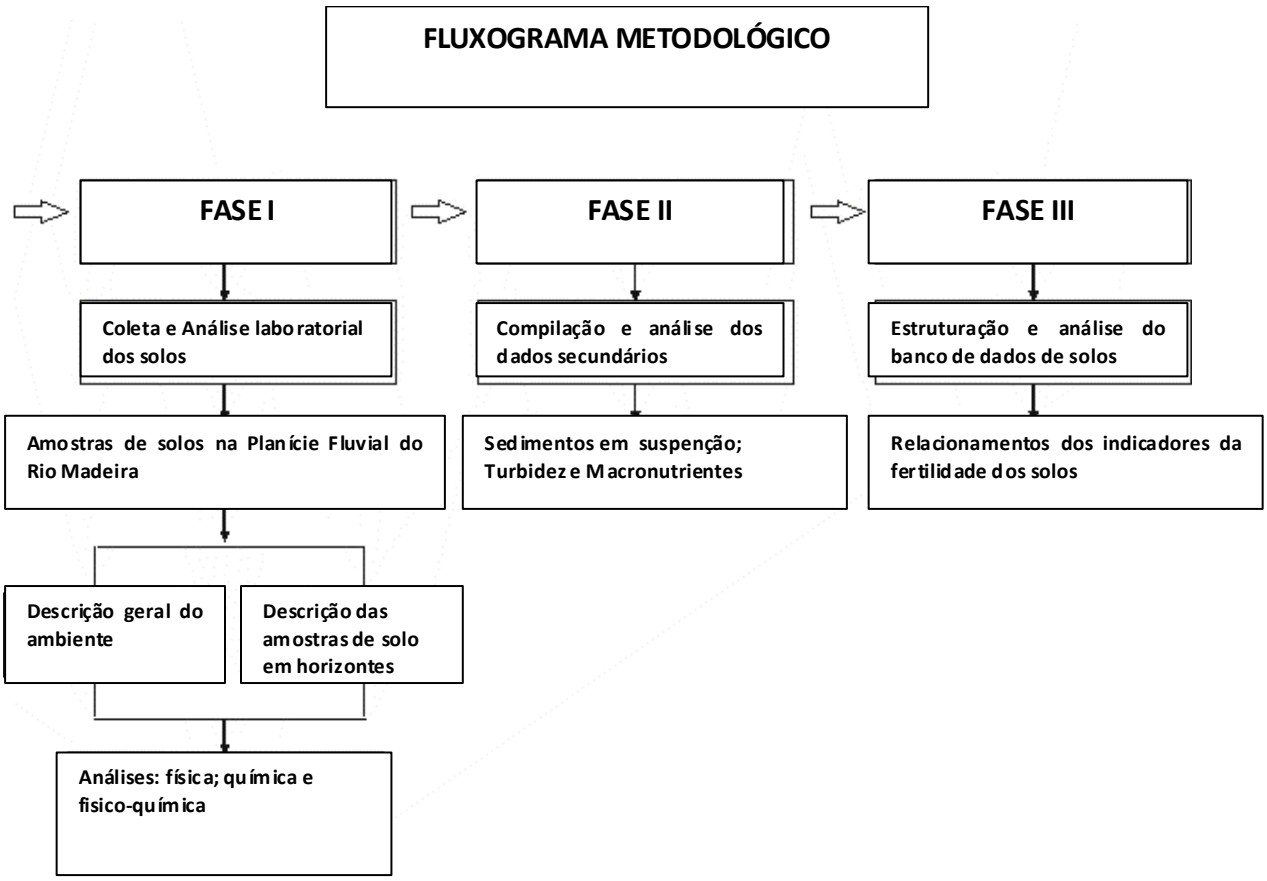


Figura 17. Fluxograma Metodológico.

7.1 FASE I: LEVANTAMENTO DADOS PRIMÁRIOS – SOLOS DA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO MADEIRA.

Os dados primários foram mensurados por meio dos métodos de análise em campo, de acordo com Lemos & Santos (1996) e em laboratório, de acordo com as indicações de Brasil (1995) e Brasil (1997), conforme Figura 18.

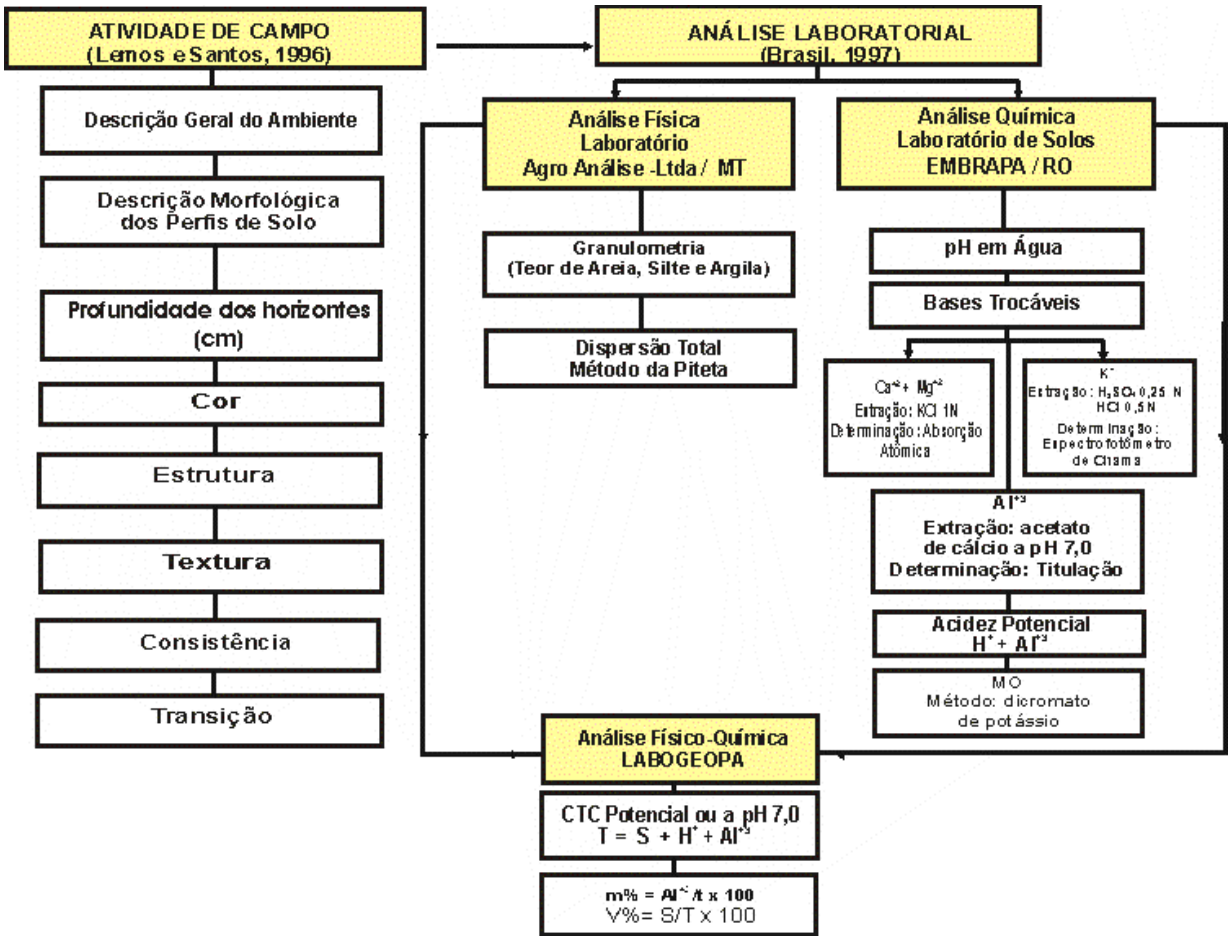


Figura 18. Coleta e análise dos dados primários – métodos empregados no levantamento pedológico.

Para realizar o estudo dos aspectos pedológicos, o *pedon* foi estabelecido como unidade básica de referência[12] em solo, definido em Schelling *Apud* Brasil (1995) por:

[12] Unidades básicas de referência são representações do solo, quando este é considerado como um corpo natural de dimensões artificiais criadas e delimitadas pelo próprio homem (Knox *apud* Brasil 1995). Para Wambeke *apud* Brasil (*op. Cit.*), as unidades de referência básica devem ser observáveis e mensuráveis em três dimensões; ser independentes de outros sistemas taxonômicos; ter limites claros (mesmos que fixados artificialmente); apresentar dimensões que proporcionem a execução do estudo, mensuração e amostragem.

> *"... tridimensional, com limites e dimensões arbitrárias, cuja área é determinada pela variabilidade lateral das características utilizadas em taxonomia de solos. Não possui limites concretos e muitas características se superpõem às de outros pedons e existem em número infinitamente grande". p. 24.*

Os perfis de solo[13] são as representações do *pedon*, nos quais foi possível realizar a caracterização morfológica, física, química e físico-química (Brasil, *op. Cit*.). Um perfil de solo não representa significativamente toda a constituição pedológica de um pedon, deste modo, se fez necessário a observação, descrição, coleta e interpretação de dados provenientes de vários perfis (Canadá *Apud* Brasil, *op. cit*.).

Foi realizado o levantamento pedológico no período 2001 – 2002, compondo um banco de dados de solo, o qual dispõe de um total de 48 perfis de solos amostrados na planície e terraço fluvial do Rio Madeira. Os perfis configuram-se como unidades pontuais de análise da paisagem natural, cujas descrições e coletas obedeceram a intervalos de 25 km entre cada ponto amostrado.

A primeira etapa de coleta foi realizada em abril de 2001, no trecho de 250 km entre Porto Velho-RO e Humaitá-AM. Nessa fase, foram coletados um total de 41 amostras de solos por meio da abertura de 10 perfis (Mapa I).

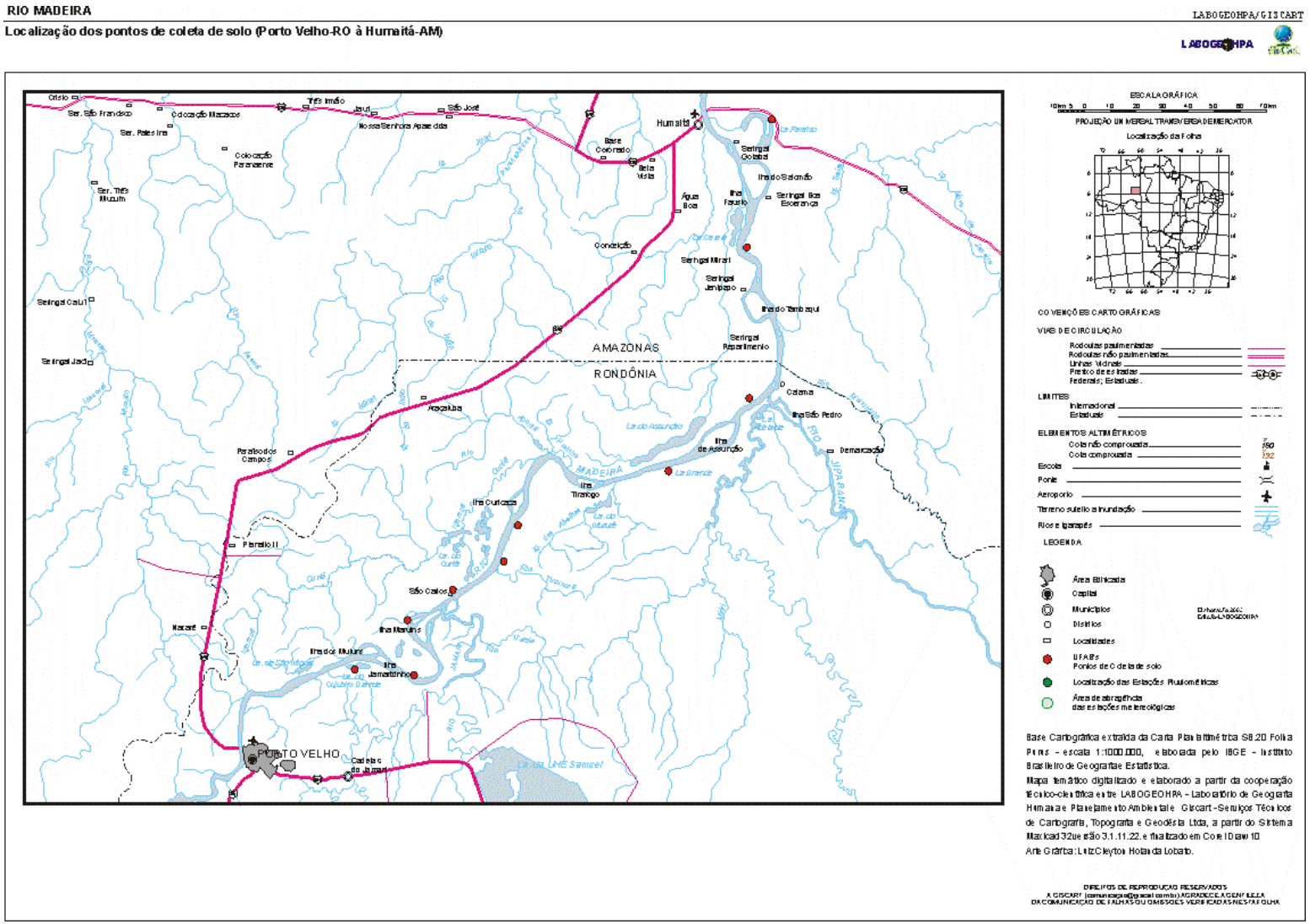
Na segunda etapa de coleta realizada em novembro de 2001, foram amostrados os solos entre Humaitá/AM a Novo Aripuanã-AM, este trecho possui 480 Km de extensão, onde foram coletadas 103 amostras por meio da abertura de 23 perfis (Mapa II).

A terceira etapa foi realizada em maio de 2002 entre Novo Aripuanã-AM e a Foz do Rio Madeira-AM. Este trecho apresenta 370 km, no qual foram coletados 67 amostras por meio da descrição de 15 perfis de solo (Mapa III).

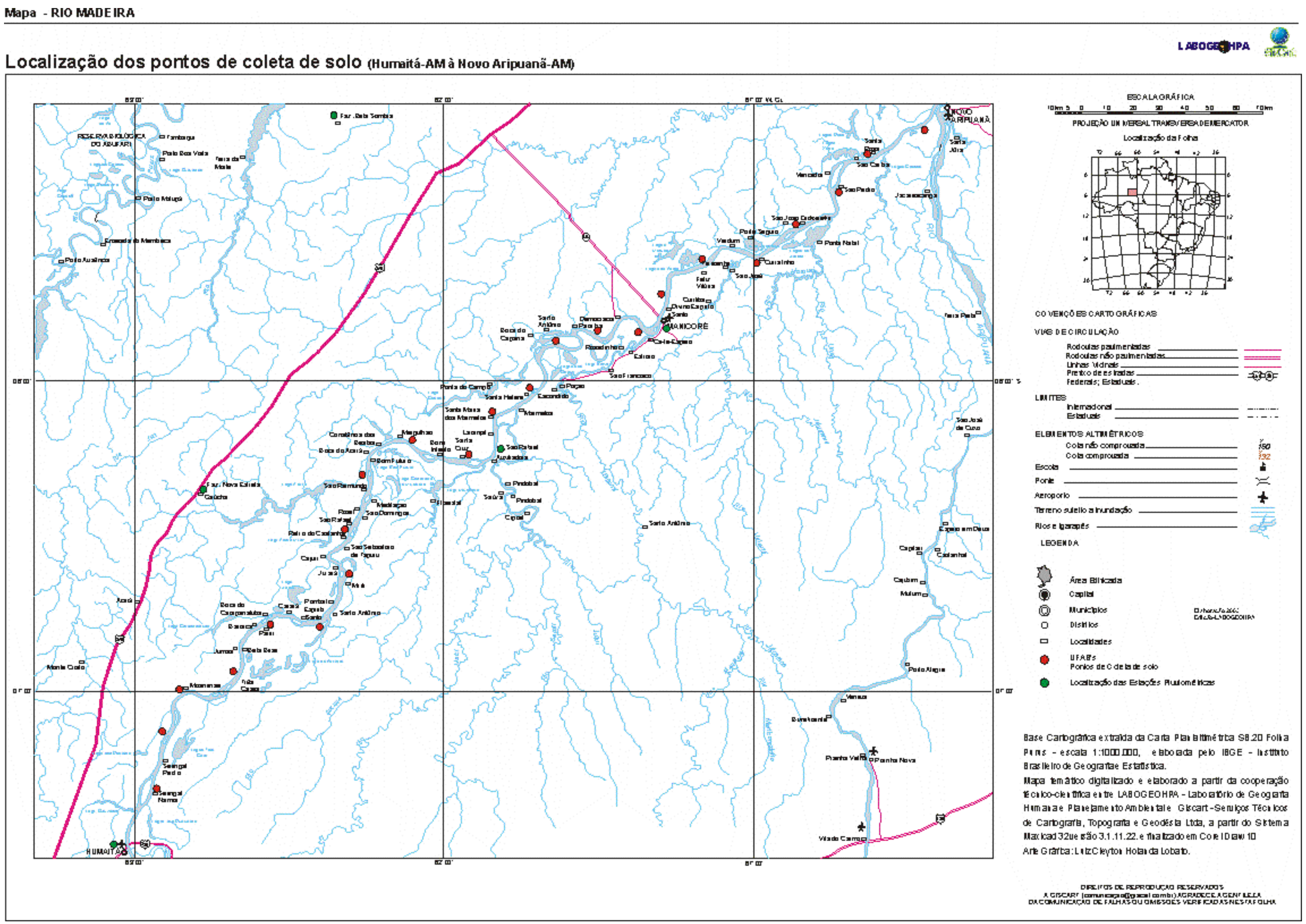
---

[13] Perfil de solo é definido por: "corte vertical na superfície da terra, que inclui todos os horizontes pedogeneticamente inter-relacionados e também camadas mais profundas, ou mesmo próximas à superfície, que tenham sido pouco influenciadas por processos pedogenéticos" (Brasil, *op. Cit*. p. 25).

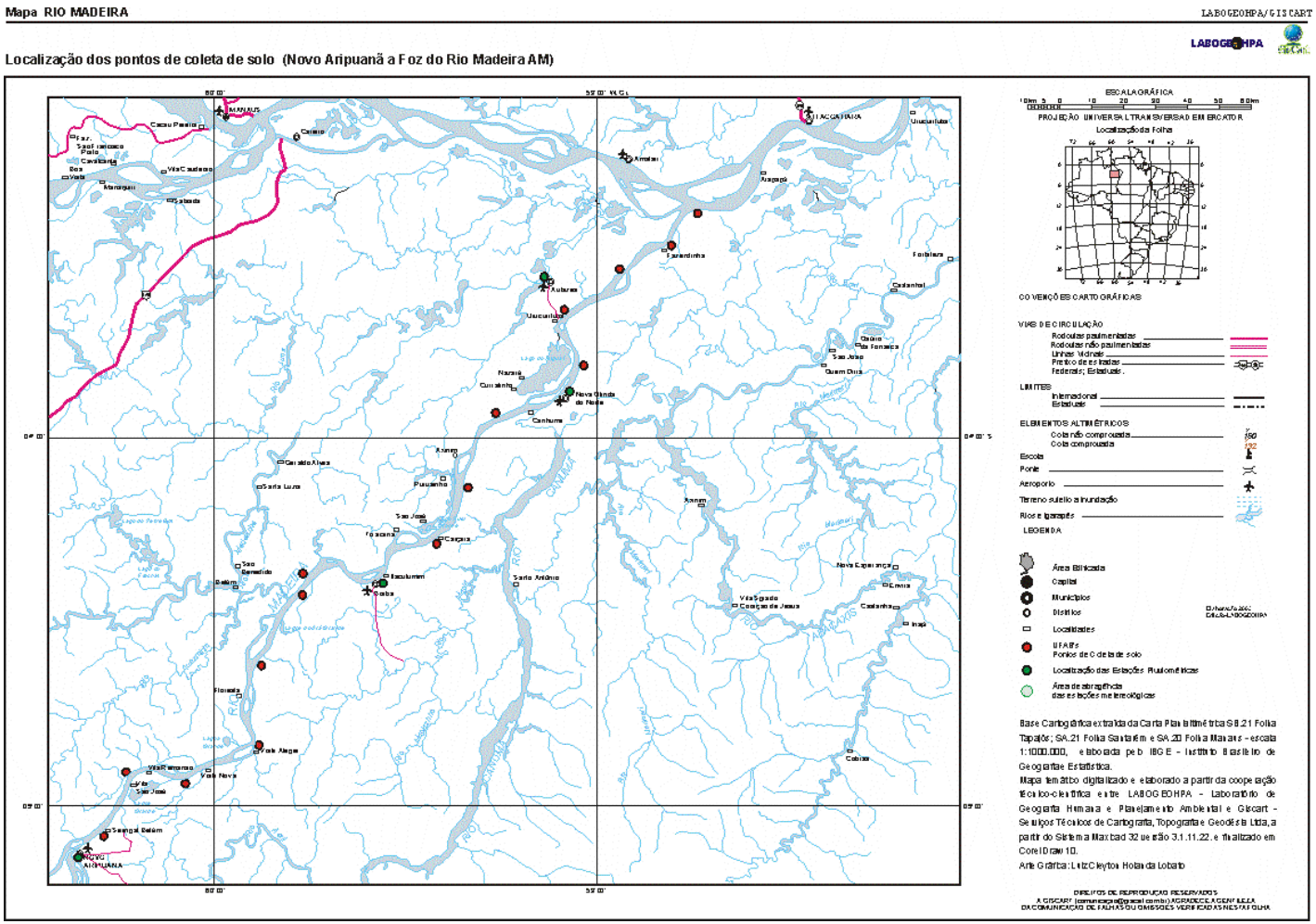
Mapa I – Levantamento dos solos na Planície do Rio Madeira – Porto Velho /RO a Humaitá/AM



Mapa II – Levantamento dos solos na Planície Fluvial do Rio Madeira – Humaitá a Novo Aripuanã/AM



Mapa III – Levantamento dos solos na Planície Fluvial do Rio Madeira – Novo Aripuanã a Foz do Rio Madeira/AM



Para produção de um banco de dados geográfico, foi realizada a descrição geral da paisagem, enfocando os seguintes aspectos: localização/coordenadas geográficas; litologia, formação geológica/período, relevo regional (fonte secundária); relevo local, indícios de processo erosivo, indícios de processo de sedimentação, tipo de vegetação e uso atual do solo (fonte primária). Em campo, a morfologia dos perfis foi descrita de acordo com as seguintes características físicas:

1. Profundidade;
2. Horizontes/Camadas;
3. Cor;
4. Estrutura;
5. Textura;
6. Consistência;
7. Transição;
8. Drenagem
9. Pedregosidade.

A caracterização morfológica do perfil complementar[14] se faz possível através da descrição do perfil por meio de construção de trincheiras ou barrancos nas margens do rio, esta última possibilita a exposição de um número maior de horizontes/camadas (Quadros IV e V).

Quadro IV – Etapas da descrição de um perfil em barranco

1.	Limpeza do perfil com uma pá reta e enxadão;
2.	Com uma faca apropriada, são separados os horizontes ou camadas do solo por meio da diferenciação em cor, textura, estrutura, consistência e transição;
3.	Registra-se em (cm) a espessura de cada horizonte/camada e profundidade total do perfil amostrado, através de fita milimetrada.

[14] O perfil é denominado complementar, quando somente algumas de suas camadas ou horizontes são descritos em campo (Brasil, 1995).

Quadro V – Etapas da descrição do perfil em trincheira

1.	É cavada uma trincheira, através do auxílio de uma pá reta, enxadão e trado;
2.	Uma das faces da trincheira é verticalizada, para que possa ser visualizado e examinado o contraste das características morfológicas dos horizontes/camadas;
3.	A espessura dos horizontes/camadas e profundidade do perfil é registrada em (cm).

Os procedimentos laboratoriais empregados na análise física (granulometria do solo) foram executados por técnicos do laboratório Agro Análise – Laboratório de Análise de Solos Ltda. - Cuiabá-MT. O método empregado foi Dispersão Total (pipeta) conforme Brasil (1997). Na fase Física foram detectadas as seguintes frações por amostra:

1. Teor de Argila;
2. Teor de Silte;
3. Teor de Areia Total (areia grossa + areia média + areia fina).

A análise química foi realizada por técnicos do Laboratório de Solos da EMBRAPA-RO e para todas as análises químicas foram empregados os métodos publicados por Brasil (1997) (Figura 19), conforme descrição a seguir:

1. pH;
2. Bases trocáveis: cálcio Ca^{++}, magnésio Mg^{++}, potássio K^{+} e alumínio Al^{+++};
3. Acidez potencial H^{+} + Al^{+3} ;
4. Carbono total (matéria orgânica MO).

Figura 19. Bateria de amostras de solo para análise química - Laboratório de Solos da EMBRAPA/RO

Fonte: Acervo LABOGEOPA

A análise do pH em água, tem por princípio a medição do potencial elétrico por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:líquido. Primeiramente, coloca-se 10 ml de solo em copo plástico de 50 ml numerado, em seguida, adiciona-se no copo 25 ml de água destilada para posterior agitação da solução com um bastão de vidro individualmente. Permanecendo em repouso por uma hora, a amostra é agitada novamente com bastão de vidro e em seguida, introduziu-se o eletrodo na solução para proceder a leitura do pH.

O cálcio (Ca^{+2}) e o magnésio (Mg^{+2}) são extraídos por meio da solução de KCl 1N e suas determinações são obtidas através de espectrofotômetro de absorção atômica, utilizando óxido de lantânio para evitar interferência de outros íons na análise.

O potássio (K^{+}) é extraído com solução de Melch, que se caracteriza pela mistura de dois ácidos em baixa concentração (H_2SO_4 0,25N e HCl 0,5N) e é determinado pelo espectrofotômetro de absorção chama.

A acidez potencial é determinada através da soma do hidrogênio (H^+) e alumínio (Al^{+3}) obtido pela solução extratora de acetato de cálcio a pH 7,0. O procedimento para determinação quantitativa é por titulação.

A análise da matéria orgânica MO, é realizada por meio de pesagem de 0,5g da amostra destorroada, passada em uma peneira de 80 *mesh* e colocada num *erlenmeyer* de 500 ml, onde se adiciona 10 ml de solução de bicromato de potássio a 0,2 M ($K_2Cr_2O_7$ 1N) e 20 ml de ácido sulfúrico. As amostras permanecem em repouso por 30 min, acrescentando-se posteriormente 150 ml de solução fosfórica (H_3PO_4) a 5%, conservando em repouso por mais 10 min. Acrescenta-se também fluoreto de sódio (NaF) e 5 gotas de difenilamina a 1%. Na solubilização final, acrescenta-se sulfato ferroso amoniacal a 0,5 N, quando titula-se até viragem para cor verde escura. No procedimento final, registra-se o volume da solução gasta na elaboração das amostras.

As propriedades físico-químicas foram calculadas nas dependências do Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental – LABOGEOPA da Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Para a análise físico-química, são calculados de acordo com indicações de Brasil (1997) ; Vale (1997) e Raij *et. al.* (2001), os seguintes parâmetros:

1. Capacidade de troca de cátions potencial
   $T\ (mmol_c/dm^3) = S + (H^+ + Al^{+3})$;
2. Porcentagem de saturação por alumínio
   $m\% = Al^{+3}/\ t \times 100$;
3. Porcentagem de saturação por bases da CTC a pH 7,0
   $V\% = S/T \times 100$.

7.2 FASE II: LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS – PARÂMETROS DA ÁGUA DO RIO MADEIRA:

Esta fase correspondeu ao levantamento dos dados secundários junto ao banco de dados do Projeto Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica e os relatórios HIBAm (1995) e HIBAm (1998), de forma a adquirir os dados de sedimentos em suspensão, turbidez e macronutrientes (Ca, Mg e K) em quatro pontos de amostragem distribuídos ao longo do Rio Madeira. Os pontos amostrados e selecionados para este trabalho foram:

- Rio Madeira em Porto Velho Lat. : S 08°44.11’ Long. : W 063°55.34’
- Rio Madeira em Humaitá Lat. : S 07°24.77’ Long. : W 063°01.51’
- Rio Madeira em Manicoré Lat. : S 05°48.99’ Long. : W 061°18.42’
- Rio Madeira em Vista Alegre Lat. : S 04°53.50’ Long. : W 060°01.70’
- Rio Madeira na foz .

Vale salientar que estes dados encontram-se disponíveis para os anos de 1995, correspondendo aos meses de Junho/Julho (início da vazante do rio) e 1998, correspondendo ao mês de Abril (período do nível máximo cheia do rio).

7.3 FASE III: RELACIONAMENTO DOS INDICADORES DA FERTILIDADE DOS SOLOS

O relacionamentos entre os indicadores de fertilidade se deu por meio da correlação entre matéria orgânica e os valores da capacidade de troca catiônica aplicando-se os princípios da Regressão Linear, como forma de obter o coeficiente de correlação linear **(r)**, que indica o grau de intensidade da correlação entre duas variáveis, assim como seu sentido positivo ou negativo (Crespo, 1999).

Para se avaliar a fertilidade natural de um solo, é comum serem consideradas as propriedades físicas e químicas dos seus horizontes ou camadas superficiais e subsuperficiais. As camadas subsuperficiais, por não haver contato direto com a superfície, são mais estáveis e seu estudo proporciona uma leitura das características originais do solo (Alfaia, 1988), em contra partida, nas camadas superficiais, é possível detectar alterações resultantes do dinamismo geomorfológico e antrópico sobre o solo de maneira quase imediata.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO LEVANTAMENTO DOS SOLOS NA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO MADEIRA

8.1.1 Trecho entre Porto Velho-RO e Humaitá-AM:

A população tradicional ribeirinha residente na planície fluvial do Rio Madeira, tem uma relação direta com o rio e seu entorno - as várzeas. O uso do solo nessa região corresponde à produção agro-extrativista de subsistência e comercialização regional, onde todo o ambiente de várzea é valorado por essas populações, como um recurso indispensável à manutenção de seus padrões sociais, econômicos e mesmo, culturais (Figuras 20 e 21).

Figura 20. Propriedade de uma família tradicional ribeirinha situada sobre deposição sedimentar às margens do Rio Madeira- Distrito de São Carlos – Município de Porto Velho-RO.

Fonte: Acervo LABOGEOPA - 2007.

Figura 21. Uso do solo para cultivo de açaí - *Euterpe oleracea* - sobre deposição sedimentar às margens do Rio Madeira - Distrito de São Carlos – Município de Porto Velho-RO..

Fonte: Acervo LABOGEOPA – 2007.

A descrição morfológica somada a análise física, química e físico-química possibilitaram a identificação de quatro classes de solos, conforme a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos em Brasil (1999) (Tabela I). Os perfis 01 (Cujubim Grande) e 02 (Itacoã), foram classificados com Latossolo Amarelo. Essa classe apresenta carência em minerais primários e secundários com menor resistência ao intemperismo, por se tratar de um tipo de solo bastante evoluído e intemperizado. Refletindo numa CTC baixa com valores inferiores a 17cmol$_c$/Kg de argila.

Os perfis 03 (Primavera), 07 (Papagaios), 09 (Ponta Pelada) e 10 (Humaitá), foram identificados por Neossolos Flúvicos, caracteristicamente formados por material mineral ou orgânico de pedogênese pouco expressiva, estratificado em camadas colmatadas de relação textural incipiente, não apresentando horizonte B diagnóstico. Na planície aluvial do Rio Madeira, as inundações periódicas limitam ou atrasam a decomposição e evolução dos materiais sedimentares depositados, materiais esses que formam os Neossolos.

Os Gleissolos, identificados nos perfis 04 (São Carlos), 05 (Caricacas) e 08 (Calama) são constituídos por minerais pouco desenvolvidos, sua formação pedogenética é influenciada pelo regime de inundação periódica, ou mesmo pela oscilação do lençol freático superficial. Por tais características, apresentam-se normalmente mal drenados compostos por argilas de baixa ou alta atividade.

Somente no perfil 06 (Cavalcante), foi identificado Plintossolo característico por seu maior grau de intemperização em relação aos Gleissolos, onde a água ainda constitui-se como fator limitante ao seu uso. São originados por sedimentos areno-argilosos e apresentam em geral, baixa fertilidade natural.

A partir da análise química, foram obtidos os teores de MO do horizonte A (superficial) em cada perfil, sendo que, 50% dos mesmos apresentaram teores de MO abaixo de 17,0 g/Kg, o que indica que metade das classes de solo analisadas apresentam baixo teor de MO nos horizontes superficiais. Os menores teores foram obtidos nos perfis 03 (Primavera) e 09 (Ponta Pelada) classificados por Neossolos Flúvicos, assim como no perfil 08 (Calama) com Gleissolo. Foi constatado que 40 % dos perfis revelam teores de MO entre 17,1 e 35,0 g/Kg, qualificados como teores médios. Apenas 10% apresentaram um alto teor de MO, acima de 35,0 g/Kg, sendo ele classificado por um Gleissolo de textura argilosa. A localização desse perfil foi em São Carlos, onde há plantio de banana.

Os teores de MO em profundidade (horizontes subsuperficiais) foram relativamente menores que os teores de MO encontrados nos horizontes superficiais, sendo verificada uma significativa redução principalmente nos perfis 01 (C. Grande), 02 (Itacoã), 04 (São Carlos). As exceções foram registradas nos perfis 03 (Primavera), 08 (Calama) e 09 (Ponta Pelada), nos quais verificou-se maior teor de MO em profundidade, embora esses valores estejam abaixo de 17 g/Kg de MO. Esses dados refletem a diversidade de materiais depositados (orgânicos e inorgânicos) na formação desses solos ou ainda, estádios diferentes de composição dos resíduos orgânicos.

Tabela I - Planilha de dados físicos, químicos e físico-químicos dos perfis de solo amostrados na planície fluvial do Rio Madeira entre Porto Velho-RO e Humaitá-AM.

Localidade	Classificação	Prof. cm	Horiz.	pH (H2O)	P mg/dm3	MO g/Kg	mmolc/dm3 K	Ca	Mg	Al+H	Al	SB	CTC	V%	m%	Areia total g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg
01 Cujubim Grande	Latossolo	0 a 6	A	4,2	9	20,2	2,2	1,2	2,1	85,8	18,2	5,4	91,2	7	77	412	300	288
63°42' 46" W	Amarelo	6 a 19	AB	4,3	3	19,7	1,1	0,3	1,2	75,9	25,3	2,6	78,5	3	90,6	396	300	304
8°35' 26" S	Plíntico	19 a 60	BA	4,1	3	4,5	1	0,3	1	79,2	31,2	2,3	81,5	3	93,1	346	300	354
		60 a 80	B1	4,7	2	0	0,7	0,5	1,1	82,5	37,3	2,3	84,8	3	94,1	262	384	454
		80 a 100+	B2	4,5	4	0	0,9	0,4	1,7	99	51,7	3	102	3	94,5	146	233	621
02 Itacoã	Latossolo	0 a 7	A	4,5	11	30,3	2,8	34,7	23	99	7,5	60,5	159,5	38	11	412	267	321
63°35'37" W	Amarelo	7 a 20	BA	4,5	4	8,1	1,7	10,7	1 4,1	64,4	26,4	26,5	90,9	29	49,9	446	250	304
08°35'54" S		20 a 46	B1	4,9	4	3,5	1	5,7	3,8	112,2	31,4	10,5	122,7	9	75	429	267	304
		46 a 64	B2	4,9	5	4,5	1,1	5,5	16,2	74,3	29,7	22,8	97,1	23	56,6	479	233	288
		64 a 75+	B3	4,6	5	0,5	1,2	3,2	20,4	72,6	32,6	24,8	97,4	25	56,8	446	233	321
03 Primavera	Neossolo	1 a 30	A	6,1	50	5,6	2,1	40,6	32,2	26,4	0	74,9	101,3	74	0	412	334	254
63°35' 53" W	Flúvico	30 a 90	A2	5,8	47	13,6	1,9	48 ,2	34	28,1	0	84,1	112,2	75	0	212	467	321
8°29' 35" S		90 a 130	B	4,7	14	11,1	1,5	36,4	32 ,2	56,1	25,4	70,1	126,2	56	26,6	162	184	654
04 São Carlos	Gleissolo	0 a 13	A	5,5	10	43,9	4,1	101,2	23,9	74,3	0	129,2	203,5	64	0	212	367	421
63°30' 02" W	Pouco Húmico	13 a 29	AB	5,4	3	19,2	1,7	45,8	20,6	51,2	0	68,1	119,3	57	0	212	350	438
8°26' 17" S		29 a 43	B1	5	2	3	1,9	36,8	29,9	59, 4	18	68,6	128	54	20,8	279	233	488
		43 a 80	B2	5,1	3	2	2,5	36,2	40,4	44,6	8,1	79,1	123,7	64	9,3	212	267	521
05 Curicacas		0 a 11	A	5,5	47	22,2	2,9	52,2	30,1	46,2	0	85,2	131,4	65	0	46	566	388
63°22' 58"' W	Gleissolo	11 a 23	AB	5,5	31	7,1	2	36,3	25,5	36 ,3	1	63,8	100,1	64	1,5	246	416	338
8°18' 12" S		23 a 80+	B	5,3	30	11,1	1,7	36,6	24,8	41,3	4,2	63,1	104,4	60	6,2	79	567	354
06 Cavalcante		0 a 15	A	4,4	3	15,1	1,2	1,4	3,8	87,5	34,1	6,4	93,9	7	84,2	179	433	388
63°24' 57' W'	Plintossolo	15 a 62	BA	4,7	1	3	0,7	0,2	2,7	122,1	49	3,6	125,7	3	93,1	146	266	588
8°22' 40" S		62 a 140	B	4,6	5	9,1	1,1	0,2	2,5	148 ,5	53,2	3,8	152,3	3	93,3	46	316	638
07 Papagaios	Neossolo	0 a 3	AP	6,2	66	20,7	10,3	52	29,8	29,7	0	92,1	121,8	76	0	696	133	171
63°05' 34" W	Flúvico	3 a 25	A1	6,2	47	7,6	1,9	54, 2	46	26,4	0	102,1	128,5	79	0	512	267	221

8°11' 00" S		25 a 80	A2	6	46	6,1	1,2	18,8	13,1	13,2	0	33,1	46,3	72	0	796	50	154
		80 a 90+	A3	6	47	3,5	1,2	32,5	23,3	19,8	0	57	76,8	74	0	579	200	221
08 Calama		0 a 8	A1	5,8	49	7,1	2,69	35,7	26,7	26,4	0	65,1	91,5	71	0	346	400	254
62°56' 07" W		8 a 27	BA	5,7	46	8,1	2,46	30,7	21,7	24,8	0	54,9	79,7	69	0	579	233	188
8°03' 36" S	Gleissolo	27 a 38	B1	5,8	46	12,1	2,03	38,9	26,2	29,7	0	67,1	96,8	69	0	246	483	271
		38 a 56	B2	5,7	35	8,1	2,18	54,9	28,7	34,7	0	85,8	120,5	71	0	12	567	421
		56 a 110+	B3	4,9	6	28,3	1,28	18,3	18,9	59,4	23,8	38,5	97,9	39	38,2	496	283	221
09 Ponta Pelada	Neossolo	0 a 4	A1	6	46	2,5	1,67	32,6	25	26,4	0	59,3	85,7	69	0	----	----	----
62°56' 13" W	Flúvico	4 a 30	A2	6	47	7,6	1,85	37,2	26,1	24,8	0	65,2	90	72	0	479	267	254
7°45' 03" S		30 a 50	B	6	47	4,4	2,21	53	36,3	26 ,4	0	91,5	117,9	78	0	112	567	321
		50 a 65	B2	5	21	2,5	1,62	43	35,9	36,3	1	80,5	116,8	69	1,2	12	634	354
10 Humaitá	Neossolo	0 a 2	AP	4	5	15,7	1,1	1,4	1,7	118,8	30,9	4,2	123	3	88	612	167	221
62°53' 40" W	Flúvico	2 a 23	BA	4,3	2	7,1	0,79	0, 4	0,7	100,7	35,1	1,9	102,6	2	94,9	546	166	288
7°30' 28" S		23 a 45	B	4,4	2	12,1	0,67	0,4	0,6	99	38,3	1,7	100,7	2	95,8	562	134	304
		45 a 65	B2	4,2	1	3	0,59	0,1	0,4	102,3	40,9	1,1	103,4	1	97,4	512	167	321
		65 a 74+	B3	4,1	1	3	0,59	0,4	0,4	102,3	40,5	1,4	103,7	1	96,7	529	150	321

A seguir, todos os perfis amostrados neste trecho de análise são descritos quanto aos seus aspectos exógenos (características gerais da paisagem) e quanto aos seus aspectos endógenos (morfologia de seus horizontes ou camadas):

Perfil 01

Latossolo Amarelo Plíntico, este perfil foi descrito em relevo local plano, em solo com boa drenagem e erosão não aparente; vegetação primária subperenifólia com palmeiras, sendo a cobertura vegetal atual identificada em capoeira. O perfil foi descrito até a profundidade de 100 cm, dividido em cinco horizontes, com textura média no horizonte superficial e textura argilosa no subsuperficial [B]. Foi verificada abundância em raízes até a profundidade de 60 cm, no limite inferior do horizonte [BA]. Foi identificado horizonte plíntico no último horizonte descrito [B_2].

Perfil 02

Latossolo Amarelo, descrito em relevo local ondulado, erosão não aparente, cobertura vegetal secundária ciliar. O perfil foi descrito até a profundidade de 75 cm, sendo identificado um total de cinco horizontes. Os horizontes superficial e subsuperficial apresentam textura média. Foi verificada abundância em raízes no horizonte superficial, penetrando em menor proporção até a profundidade de 46 cm, limite inferior do horizonte [B]. Verificou-se umidade acentuada a partir do horizonte [B_2], condicionando um possível processo de gleização.

Perfil 03

Neossolo Flúvico em área de acúmulo de sedimentos aluviais, com cobertura vegetal secundária. O perfil foi descrito em barranco nas margens do rio Madeira até a profundidade de 130 cm, sendo identificadas três camadas distintas. A textura é média na camada superficial e muito argilosa da camada subsuperficial [B]. Verificou-se acentuada variação da presença e quantidade de raízes ao longo do perfil até a profundidade limite de alcance da descrição (limite inferior do horizonte subsuperficial [B]).

Perfil 04

Gleissolo Pouco Húmico coletado sobre relevo local plano a suavemente ondulado, onde se desenvolvia cultura agrícola perene – plantação de bananeiras. A descrição do perfil alcançou a profundidade de 80 cm dividido em quatro horizontes distintos com textura argilosa nos horizonte superficial e subsuperficial [B]. Verificou-se grande umidade no horizonte superficial; presença de raízes em abundância até a profundidade de 29 cm, correspondendo ao limite inferior do horizonte AB e pouca raiz no horizonte subsuperficial [B]. O horizonte [B_2] apresenta mosqueado nítido com predominância da coloração amarela.

Perfil 05

Gleissolo coletado sobre relevo local plano a suavemente ondulado em solo com drenagem imperfeita que, na ocasião da descrição, havia sido roçado para formação de capoeira. O perfil foi descrito até a profundidade de 80 cm, dividido em três horizontes com textura argilosa no horizonte superficial e média no horizonte subsuperficial [B]. Verificou-se mosqueado no horizonte AB e raízes em abundância no horizonte superficial [A] e comum no [AB].

Perfil 06

Plintossolo coletado em relevo local plano próximo a intrusões graníticas no rio Madeira, sob cobertura vegetal de capoeira. O solo apresentava drenagem imperfeita e foi descrito até a profundidade de 140 cm, dividido em três horizontes distintos, com textura argilosa no horizonte superficial e muito argilosa no horizonte subsuperficial [B]. Verificou-se mosqueado nítido nos horizontes [BA] e [B], assim como raiz em abundância até a profundidade de 15 cm (horizonte superficial), raiz comum no horizonte [BA] e pouca raiz no horizonte subsuperficial [B].

Perfil 07

Neossolo Flúvico sobre relevo local plano em solo com drenagem imperfeita e uso voltado à agricultura perene. Sua descrição foi realizada até a profundidade de 90 cm, dividido

em quatro camadas estratificadas, com textura média na camada superficial [A_p] e arenosa na camada subsuperficial [A_2]. Havia mosqueado na camada superficial e na camada [A_3], esta última ainda apresentava-se saturada por água. Verificou-se raiz em abundância na camada superficial, com alcance em menor proporção até a profundidade de 80 cm, limite inferior da camada [A_2].

Perfil 08

Gleissolo sobre relevo local plano em área de deposição sedimentar fluvial. O solo apresentava drenagem imperfeita sob cobertura de mata secundária de várzea. O perfil foi descrito até a profundidade de 110 cm, dividido em cinco horizontes com textura média nos horizontes superficial e subsuperficial [B]. Observou-se mosqueado nítido na profundidade de 08 a 56 cm e presença de raízes em abundância no horizonte superficial com alcance em menor proporção até a profundidade de 56 cm, limite inferior do horizonte [B_2].

Perfil 09

Neossolo Flúvico, este perfil foi coletado sobre relevo local plano em solo com drenagem imperfeita sob cobertura florestal secundária. Sua descrição foi realizada até a profundidade de 65 cm, dividido em quatro camadas. No entanto, os dados físicos do horizonte superficial [A] não foram relacionados. A textura da camada subsuperficial [B] é média.

Perfil 10

Neossolo Flúvico, foi coletado em relevo local plano cujo solo apresentava drenagem imperfeita e uso voltado para cultura agrícola perene (bananeira). Sua descrição foi realizada até a profundidade de 74 cm, divido em cinco camadas, com textura média nas camadas superficial e subsuperficial [B]. A camada superficial [A_p] apresentava-se úmida e foi observado mosqueado pouco nítido na profundidade de 02 a 45 cm. Havia raízes alcançando a profundidade de 45 cm, limite inferior do horizonte subsuperficial [B].

8.1.2 Trecho entre Humaitá e Novo Aripuanã - AM:

Foram identificadas quatro classes de solos, de acordo com Brasil (1999). As classes de solo identificadas nos perfis correspondem aos: Neossolos Flúvicos, Plintossolos, Cambissolos e Argissolos Amarelos. Dentro da classificação geral foram analisados 05 perfis como Neossolo Flúvicos, 08 como Plintossolo, 06 como Cambissolos e 04 como Argissolos. Na Tabela II. são apresentados os resultados das análises física, química e físico-química das amostras de solo dos vinte e três perfis amostrados entre Humaitá e Novo Aripuanã-AM.

Para os horizontes superficiais de todas as classes de solos, a média da fração areia correspondeu a 455,3 g/kg, do silte 261,2 g/kg e da argila 283,5 g/kg. A média dos valores da fração argila, em torno de 28%, confere ao conjunto de perfis estudados, o predomínio da textura denominada “média”, esta classificação corresponde ao teor de argila variando entre 16 e 35%.

A partir desta inferência, optou-se por agrupar os perfis de acordo com sua classificação, resultando nos seguintes teores granulométricos médios para os horizontes superficiais:

- Neossolos Flúvicos apresentam a média da fração areia correspondente a 504,6 g/kg, do silte 296,4 g/kg e da argila 199,0 g/kg;
- Cambissolos, a média da fração areia corresponde a 404,2 g/kg, do silte 266,5 g/kg e da argila 329,3 g/kg.
- Plintossolos, a média da fração areia foi de 348,0 g/kg, do silte 316,6 g/kg e da argila 335,4.
- Argissolos - apresentam-se pedogeneticamente mais evoluídos que as demais classes identificadas, a média da fração areia nos horizontes superficiais foi 658,3 g/kg, do silte 112,5 g/kg e da argila 229,3 g/kg.
- A textura média foi identificada como predominante para todas as classes de solo nos horizontes superficiais.

Quanto aos horizontes subsuperficiais, a média da fração areia de todo os perfis correspondeu a 434,3 g/kg, do silte 243,8 e da argila 321,9, o que indicou da mesma forma, a predominância da textura média.

Quando analisadas separadamente, três classes de solos apresentaram o predomínio da textura média em seus horizontes subsuperficias, com exceção da classe Argissolos, que apresentou os valores médios da fração areia em 466,8 g/kg, do silte 162,3 e da argila, 371,0

g/kg, o que confere o predomínio da textura argilosa para os horizontes subsuperficiais desta classe, indício da presença do horizonte B textural.

A descrição morfológica dos perfis em campo permitiu identificar indícios de processos erosivos em alguns dos perfis. O perfil 25, classificado em Plintossolo Argilúvico apresentou textura arenosa nos primeiros 22 cm de profundidade, portanto, com alta vulnerabilidade do ponto de vista pedológico. A erosão neste perfil ocasionou a perda do seu horizonte superficial [A]. Assim como no Perfil 26, classificado em Argissolo Amarelo, foi observada evidência de processo erosivo, sendo a textura do horizonte superficial [A], Franco arenosa. No perfil 28, também foi observada a perda da camada superficial [A], a textura foi classificada em arenosa nos primeiros 42 cm de profundidade. Em Nunes (2004), a vulnerabilidade do solo à erosão é apontada como alta ao longo da calha do Rio Madeira, especialmente em solos sob ação de processos morfogenéticos, localizados em ambientes com instabilidade geomorfológica.

A média do pH dos horizontes superficiais de todas as amostras analisadas foi de 5,2 (fortemente ácido). O pH médio de todas as amostras correspondentes ao horizonte subsuperficial foi de 5,1 (fortemente ácido).

Para os Neossolos Flúvicos, a média do pH das camadas superficiais foi de 5,6 e subsuperficiais 5,7, ambos valores corresponderam a classificação em moderadamente ácidos. Para os Cambissolos, a média do pH nos horizontes superficiais foi 4,9 e subsuperficiais 5,1, valores correspondendo a fortemente ácidos. A classe Plintossolos apresentou média 5,3 para os horizontes superficiais e 5,0 para os subsuperficiais (fortemente ácidos). Os Argissolos apresentaram pH médio superficial 4,9 e subsuperficial 4,7 (fortemente ácidos).

Uma das principais limitações químicas ao uso agrícola dos solos amazônicos é a toxicidade do alumínio, que atinge cerca de 77 % dos solos da região Amazônica (Sánchez & Cochrane a*pud* Schaefer *et. al.*, 2000). Nesse sentido é de grande importância avaliar o teor de alumínio trocável, sendo o melhor parâmetro para expressar o seu potencial fitotóxico, a Porcentagem de Saturação do Al^{+3} , que acima de 50% de saturação, condiciona um acentuado aumento na atividade do Al^{+3} , conferindo aos solos o caráter alumínico, condição negativa ao desenvolvimento dos vegetais (Abreu, et. al. , 2003).

Entre os perfis analisados, 10 apresentaram porcentagem de saturação de alumínio [m%] alta, ou seja, acima de 50%, sendo as classes correspondentes aos Plintossolos, Argissolos e Cambissolos, este último em menor expressão. O maior valor médio de m% para os horizontes

superficiais foi registrado para a classe Argissolos, com 50,7%, assim como para os horizontes subsuperficiais, com 70,1%.

O perfil 13 com Plintossolo, por exemplo, apresentou valor extremamente alto, recebendo assim, a qualificação de alumínico. Neste perfil, todos os horizontes apresentam m% acima de 90%, o que torna o solo tóxico para alguns vegetais.

O perfil 20, também como Plintossolo alumínico, apresenta m% acima de 50% apenas no último horizonte [B_2]. Outro perfil com valor representativo de m% é o Perfil – 16 como Argissolo, onde se verificou m% acima de 90% nos horizontes subsuperficial [BA] e horizonte [B]. Os Cambissolos e Neossolos Flúvicos apresentaram as menores percentagens de m%, chegando a valores nulos no Perfil 17 como Neossolo Flúvico, Perfil 18 e 33 como Cambissolos.

Tabela_II - Planilha de dados físicos, químicos e físico-químicos dos perfis de solos amostrados na planície fluvial do Rio Madeira entre Humaitá e Novo Aripuanã-AM.

Localidade	Classificação	Prof. cm	Horiz.	pH (H2O)	P mg/dm3	MO g/Kg	mmolc/dm3							V%	m%	Areia total	Silte	Argila
							K	Ca	Mg	Al+H	Al	SB	CTC					
11 Santa Rosa	Cambissolo	0 a 42	A	4,8	35	11	1,49	44,7	24,5	44,6	2,6	70,7	115,3	61	3,5	79	533	388
62°50' 24'' W	Háplico Tb	42 a 80+	B	5,3	10	1,8	1,23	43,8	30,4	49,5	3,6	75,4	124,9	60	4,6	29	517	454
7°19' 56'' S	Eutrófico																	
12 Providência	Plintossolo	0 a 8	A	4,6	42	27,6	2,69	34	27,5	82,5	5,9	64,2	146,7	44	8,4	79	567	354
62°54' 15'' W	Háplico Eutrófico	8 a 18	AB	4,5	20	1 4,3	2,44	19,7	24,3	72,6	26,3	46,4	119	39	36,2	46	533	421
7°09' 18'' S	Típico	18 a 38	BA	4,8	8	6,4	1,36	32, 1	30,4	49,5	14	63,9	113,4	56	18	112	534	354
		38 a 73+	B	5,1	10	6,4	1,26	29,1	28,9	43,3	4,3	59,3	102,6	59	6,8	246	433	321
13 Moanense	Plintossolo	0 a 10	A	4,1	6	27,1	1,26	1,3	1,4	110,6	39,6	4	114,6	3	90,9	446	266	288
62°49' 38''	Argilúvico Alum.	10 a 20	AB	4,2	2	12, 9	0,72	0,9	0,6	100,7	49,7	2,2	102,9	2	95,7	312	284	404
6°59' 56''	Típico	20 a 32+	B	4,6	3	8,3	0,74	0,4	0 ,2	112,2	68,2	1,3	113,5	1	98,1	179	567	254
14 Três Casas	Neossolo	0 a 10	A	5	54	6,4	1,46	29,7	14	28,1	1	45,2	73,3	62	2,2	662	167	171
62°38' 45'' W	Flúvico Tb	10 a 20	B	6,1	57	6,4	1,4 9	14,6	7,4	8,3	0	23,5	31,8	74	0	879	33	88
6°54' 34'' S	Eutrófico	20 a 32	C	5,3	55	4,6	2,72	24	17,7	23,1	0	44,4	67,5	66	0	579	233	188
		32 a 49	D	5,1	54	3,7	1,26	18,6	11	19,8	1,6	30,9	50,7	61	4,9	679	150	171
		49 a 53	E	5,5	49	3,7	0,9	16,9	13,6	19,8	0	31,4	51,2	61	0	712	134	154
		53 a 72	F	5,5	45	0,9	0,97	17,1	15,3	18,2	0	33,4	51,6	65	0	646	183	171
		72 a 94	G	5,3	47	4,1	1	22,6	19,4	26,4	0	43	69,4	62	0	579	233	188
15 Boca do	Plintossolo	0 a 16	A	7,3	57	38,6	23,08	74,8	37,9	11,6	0	135,8	147,4	92	0	579	250	171
Carapanatuba	Háplico Eutrófico	16 a 33	AB	5,6	52	7,4	2,08	33,9	17,9	28,1	0	53,9	82	66	0	546	266	188
62°34' 12'' W	Típico	33 a 42	BA	5,3	43	8,7	1,77	25,2	19,4	29,7	1,5	46,4	76,1	61	3,1	546	250	204
6°46' 59'' S		42 a 69	B1	4,9	35	6,3	1,49	23,3	19 ,3	41,3	7	44,1	85,4	52	13,7	379	367	254
		69 a 104	B2	5,7	49	6,4	1,67	42,6	28,4	28,1	0	72,7	100,8	72	0	179	533	288
		104 a 144+	C	5,3	57	4,1	1,59	24,6	18,5	19,8	0	44,7	64,5	69	0	546	266	188
16 Santo Antônio	Argissolo	0 a 10	A	4,3	16	29,4	2,51	15,9	1,8	97,4	17	20,2	117,6	17	45,7	746	50	204
62°23' 00'' W	Amarelo Distrófico	10 a 36	BA	4,4	5	11	1,28	2,6	0,4	104	47	4,3	108,3	4	91,7	546	66	388

6°47' 50'' S	Típico	36 a 76	B	4,5	4	11	0,79	1,1	0 ,2	89,1	52	2,1	91,2	2	96,1	446	66	488
17 L. Santo Antônio	Neossolo Flúvico	0 a 13	A	5,8	54	18,9	2,33	39,2	18,7	34,7	0	60,2	94,9	63	0	479	300	221
62°20' 58'' W	Tb Eutrófico	13 a 21	B	5,9	55	12,9	2,33	44,3	28,7	24,8	0	75,3	100,1	75	0	212	500	288
6°35' 46'' S		21 a 52	C	5,3	54	4,6	1,85	27,3	22	16,5	0	51,2	67,7	76	0	646	166	188
		52 a 86	D	5,2	43	15,6	1,67	41,2	28,5	33	0	71,4	104,4	68	0	146	533	321
		86 a 112	E	5,3	46	7,4	1,56	35,5	26,8	24,8	0	63,9	88,7	72	0	146	533	321
		112 a 149	F	6,5	15	13,3	2,36	43,9	32,9	39,6	0	79,2	118,8	67	0	279	333	388
18 Ilha São Rafael	Cambissolo	0 a 19	A	6	59	15,6	3,67	50,3	33	18,2	0	87	105,2	84	0	379	333	288
62°18' 30'' W	Háplico Tb	19 a 57	BA	5,5	55	6,4	2,5 9	28,9	22,6	18,2	0	54,1	72,3	75	0	596	216	188
6°28' 48'' S	Eutrófico	57 a 78	B1	5,4	38	8,7	1,13	27,4	23,5	24,8	0	52	76,8	68	0	546	233	221
		78 a 130	B2	5,7	41	6,4	1,21	29,3	25,8	24,8	0	56,3	81,1	69	0	446	300	254
19 Baiano	Neossolo Flúvico	0 a 4	A	5,8	55	80	7,44	115,7	52	49,5	0	175,1	224,6	78	0	346	416	238
62°15' 00'' W	Tb Eutrófico	4 a 11	B	5,7	59	15,6	4 ,36	36,2	27	26,4	0	67,6	94	72	0	412	400	188
6°18' 10'' S		11 a 15	C	5,9	37	43,2	4,51	92,4	42 ,4	56,1	0	139,3	195,4	71	0	212	467	321
		15 a 21	D	5,8	49	6,4	1,92	41,6	19,8	19,8	0	63,3	83,1	76	0	446	333	221
		21 a 61	E	4,8	43	1,8	1,44	33,4	25,3	23,1	2,3	60,1	83,2	72	3,7	412	334	254
20 Santa Rosa	Plintossolo	0 a 5	A	4,9	42	47,8	6,67	49,4	25	82,5	1,3	81,1	163,6	50	1,6	162	450	388
62°05' 40'' W	Argilúvico Alumínico	5 a 17	BA	4,4	28	17,9	3,13	20,4	15,9	72,6	28	39,4	112	35	41,5	12	534	454
6°12' 26'' S	Típico	17 a 30	B1	4,7	9	6,4	2,31	16, 8	21,3	69,3	37,6	40,4	109,7	37	48,2	46	466	488
		30 a 90	B2	4,4	6	9,7	1,41	10,4	20,9	89,1	52	32,7	121,8	27	61,4	46	433	521
21 Mondego	Plintossolo	0 a 19	A	4,5	10	13,3	0,64	6,3	1,2	26,4	13,6	8,1	34,5	24	62,6	779	50	171
61°51' 08'' W	Argilúvico	19 a 36	A2	4,6	39	11	0,3 6	2,2	0,2	43,3	17	2,8	46,1	6	86	746	66	188
6°19' 33'' S	Alum. Típico	36 a 50+	B	4,7	11	15,6	0,49	1,8	0,4	89,1	48	2,7	91,8	3	94,7	512	67	421
22 Laranjal/Nazaré	Plintossolo Háplico	0 a 15	A	7,1	45	29,4	4,56	102,9	48,4	85,8	0	155,9	241,7	64	0	179	433	388
61°50' 18'' W	Eutrófico Típico	15 a 24	AB	6,1	35	12,9	1,51	51,8	30,6	75,9	0	83,9	159,8	53	0	146	450	404
6°09' 56'' S		24 a 86	B	4,9	7	11	0,85	31,5	21	49 ,5	2,6	53,4	102,9	52	4,6	212	434	354
23 Santa Helena	Argissolo	0 a 10	A	4,5	10	14,3	1,23	2,6	0,9	77,6	18,1	4,7	82,3	6	79,3	596	83	321
/ Curaçá	Amarelo Distrófico	10 a 18	BA	4,5	5	9,7	0,49	1,2	0,2	77,6	28,5	1,9	79,5	2	93,8	379	67	554
61°41' 41'' W	Típico	18 a 54	B	4,8	5	6,4	0,33	1, 5	0,2	69,3	30	2	71,3	3	93,7	329	50	621
6°02' 15'' S		54 a 111	B2	4,7	7	9,7	0,31	0,9	0,1	64,4	30	1,3	65,7	2	95,8	296	50	654
24 Ilha das Onças	Neossolo Flúvico	0 a 10	A	5,5	54	8,3	2,9	36,4	22,9	26,4	0	62,2	88,6	70	0	146	566	288
61°42' 26'' W	Tb Eutrófico	10 a 20	B	----	----	-- --	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
5°53' 57'' S		20 a 36	C	4,9	32	4,1	1,85	33,1	22, 6	44,6	3,2	57,6	102,2	56	5,3	112	534	354
		36 a 49	D	5,5	22	4,6	1,44	32,2	23	36,3	2,4	56,6	92,9	61	4,1	412	300	288
		49 a 59	E	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

		59 a 100	F	5,8	46	2,8	1,15	28,5	22,2	21,5	0	51,9	73,4	71	0	579	233	188
		100 a 130	G	6,3	45	2,8	1,1	35,8	27,3	23,1	0	64,2	87,3	74	0	346	333	321
25 Paraíba	Plintossolo	0 a 10	A	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
61°29' 53'' W	Argilúvico	10 a 22	AB	5,6	57	6,4	2, 26	26,4	10,3	28,1	0	39	67,1	58	0	779	100	121
5°51' 08'' S	Eutrófico	22 a 40	BA	5,8	50	4,1	1,38	18,4	15,6	18,2	0	35,4	53,6	66	0	799	84	117
	Arênico	10 a 73	B1	5,3	50	4,1	1,15	23,8	15,6	21,5	0	40,6	62,1	65	0	679	133	188
		73 a 90+	B2	5,9	47	2,8	1,1	32	23,1	23,1	0	56,2	79,3	71	0	446	333	221
26 Democracia	Argissolo	0 a 20	A	5,9	47	6,4	3,41	24,4	16,6	21,5	0	44,4	65,9	67	0	679	133	188
61°21' 22'' W	Amarelo Eutrófico	20 a 42	BA	5,7	45	1,8	1,51	32,6	22,7	23,1	0	56,8	79,9	71	0	446	300	254
5°49' 04'' S	Típico	42 a 65	B1	6,4	43	4,1	1,87	4 4	25,4	23,1	0	71,3	94,4	76	0	246	466	288
		65 a 137+	B2	6,1	39	6,4	1,49	42,9	25,4	21,5	0	69,8	91,3	76	0	196	516	288
Obs: amostras sob uso antrópico coletadas para efeito de comparação (Ver descrição morfológica)		****		5,5	27	24,8	3,64	39	10,4	71	0	53	124	43	0	746	83	171
		****		5,4	21	23,5	1,26	37,9	5,4	72,6	0	44,6	117,2	38	0	746	83	171
27 Manicoré	Cambissolo	0 a 5	A	4,7	4	23	1,03	21,5	4,6	95,7	8,5	27,1	122,8	22	23,9	546	83	371
61°16' 13'' W	Háplico Alumínico Gleico	5 a 17	BA	4,7	3	15,6	1,03	18,4	3,5	85,8	15,6	22,9	108,7	21	40,5	462	84	454
5°44' 30'' S		17 a 30	B1	4,8	2	12	0,56	13,9	2,6	90,8	23	17,1	107,9	16	57,4	412	100	488
		30 a 40+	B2	4,4	2	7,4	0,49	3,9	1,8	80,9	31,5	6,2	87,1	7	83,6	412	84	504
Obs: amostras sob uso antrópico coletadas para efeito de comparação (Ver descrição morfológica)		****		4,5	4	23	1,15	16,9	2	118,8	18,6	20,1	138,9	14	48,1	512	84	404
		****		4,8	6	25,8	1,36	11	1,1	128,7	20,8	13,5	142,2	9	60,7	529	83	388
28 Verdum	Neossolo	0 a 16	C1	5,8	55	6,4	3,15	14,3	13,6	18,2	0	31,1	49,3	63	0	890	33	77
61°08' 19'' W	Quartzarênico	16 a 27	C2	4,9	42	7,4	1,26	19,4	16,4	52,8	9,2	37,1	89,9	41	19,9	886	33	81
5°37' 37'' S	Órtico Plíntico	27 a 42	C3	5,7	47	1 ,8	0,77	15,4	13,9	18,2	0	30,1	48,3	62	0	849	50	101
		42 a 74	C4	5,9	47	7,4	0,77	17,1	11,6	16,5	0	29,5	46	64	0	792	66	138
		74 a 94	C5	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	----	----	----	----	----
		94 a 110+	C6	5,9	29	6,4	1,1	31	18,6	26,4	0	50,7	77,1	66	0	512	267	221
29 Curralinho	Plintossolo	0 a 24	A	4,8	3	11	0,77	1,7	0,6	112,2	68,3	3,1	115,3	3	95,7	212	200	588
60°59' 15'' W	Háplico Distrófico	24 a 43	BA	4,8	1	2,8	0,62	0,4	0,3	196,4	72,4	1,3	197,7	1	98,2	146	233	621
5°36' 37'' S	Típico	43 a 82	B1	4,8	1	4,1	0,56	0,3	0,2	160,1	69,5	1,1	161,2	1	98,5	79	267	654
		82 a 109	B2	4,9	1	3,7	0,54	0,3	0,2	146,9	53,6	1	147,9	1	98,1	62	250	688
		109 a 140+	B3	4,8	1	5,1	0,64	0,4	0,2	160,1	67	1,2	161,3	1	98,2	29	217	754
30 Cachoeirinha	Cambissolo	0 a 7	A	4,1	10	34,9	1,28	1,1	0,5	176,6	46	2,9	179,5	2	94,1	446	100	454
60°49' 50'' W	Háplico Alumínico	7 a 41	AB	4,2	6	2 3,9	0,74	0,6	0,2	138,6	42	1,5	140,1	1	96,5	446	66	488
5°29' 51'' S	Típico	41 a 70+	B	4,2	3	9,2	0,28	0, 4	0,1	140,3	53,2	0,8	141,1	1	98,6	246	83	671

31 São Pedro	Argissolo Amarelo	0 a 5	A	4,8	14	28,5	1,23	3,4	1,1	127,1	20,1	5,7	132,8	1	77,8	612	184	204
60°43' 00'' W	Distrófico Típico	5 a 25	AB	4,3	4	1 8,4	0,46	1,1	0,2	77,6	32,8	1,8	79,4	2	94,9	496	216	288
5°22' 00'' S		25 a 80+	B	4,4	2	15,6	0,33	0,2	0,1	115,5	53,4	0,6	116,1	1	98,8	412	200	388
32 Santa Rosa	Cambissolo Háplico	0 a 10	A	4,2	22	16,6	1,72	7,7	5,7	99	41,6	15,1	114,1	13	73,3	179	500	321
60°36' 52'' W	Alumínico Gleico	10 a 20	BA	4,4	7	8 ,3	1,03	2,1	2,2	99	52,6	5,3	104,3	5	90,8	179	367	454
5°18' 01'' S		20 a 40	B	4,3	3	9,2	0,87	1,4	1,1	9 2,4	60	3,4	95,8	4	94,7	379	217	404
33 Bela Vista	Cambissolo Háplico	0 a 3	A	5,6	64	56,6	6,92	128,1	49,6	38	0	184,6	222,6	83	0	796	50	154
60°29' 38'' W	Tb Eutrófico	3 a 18	E	6,7	54	5,6	2 ,9	21,9	14,6	8,3	0	39,4	47,7	83	0	853	33	114
5°11' 32'' S	Típico	18 a 40	B	6,2	54	1,9	3,44	21	14,9	11,6	0	39,3	50,9	77	0	799	67	134
		58 a 108	B2	5,6	52	15,8	1,38	42,7	23,4	31,4	0	67,5	98,9	68	0	446	283	271

A saturação de bases da CTC a pH 7,0, representada pelo símbolo V%, apresentou os maiores valores médios para os horizontes superficiais na classe Neossolos Flúvicos, com média de 67,2%. Para os horizontes subsuperficiais, tal resultado também se confirma com a média de 65,5%. Neste trecho estudado, 56,5% dos perfis apresentam caráter eutrófico, ou seja, V% acima de 50%.

Os perfis amostrados são descritos em sua composição morfológica a seguir:

Perfil 11

Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, foi coletado a aproximadamente 120m da margem do rio Madeira em relevo local plano, sob cobertura de Floresta Subperenifólia. O horizonte superficial [A] apresentava-se úmido, poroso e com presença abundante de raiz. Foi identificada no horizonte superficial, textura Franco argilo siltosa e horizonte subsuperficial [B], textura Argilo-siltosa.

Perfil 12

Plintossolo Háplico Eutrófico Típico, apresenta-se sob cobertura de Floresta Subperenifólia. Nos horizontes, superficial e subsuperficial, apresenta raiz abundante. Há variações da textura em profundidade, sendo o horizonte superficial [A] e horizonte [BA] classificados em franco-argilo-siltoso, horizonte subsuperficial [AB] em argilo-siltoso e o horizonte [B], com maior predominância da fração areia, sendo classificada e Franco-arenosa.

Perfil 13

Plintossolo Argilúvico Alumínico Típico, apresenta-se sob cobertura de Floresta Subperenefólia. Verificou-se porosidade, presença de raiz em abundância e textura Franco-argilo-arenosa no horizonte superficial [A]. No horizonte subsuperficial, a textura é argilosa. A classificação em Plintossolo se deve a presença de plintita no horizonte [B], cuja textura é argilosa.

Perfil 14

Neossolo Flúvico Tb Eutrófico, foi coletado em barranco sob cobertura de Floresta Subperenifólia secundária. A descrição morfológica realizada em barranco possibilitou distinguir um total de sete (07) camadas no perfil. Todas as camadas apresentam porosidade, especialmente

a camada superficial [A] onde se verificou existência de macroporosidade. Quanto à textura, a maioria das camadas apresenta-se Franco-arenosas, com exceção da camada subsuperficial [B], cuja textura é arenosa.

Perfil 15

Plintossolo Háplico Eutrófico Típico, foi coletado na margem direita do rio Madeira, em relevo local plano, cujo solo apresentava-se com drenagem imperfeita, sendo a cobertura composta por Floresta Subperenifólia. Como uso atual foi verificado extração de madeira de lei. Verificou-se porosidade em todos os horizontes, sendo encontrada abundância de raízes nos horizontes superficial [A], subsuperficial [AB] e horizonte [BA]. A textura Média foi identificada em todos os horizontes (textura Franco-arenosa nos horizontes superficial e subsuperficial).

Perfil 16

Argissolo Amarelo Distrófico Típico, foi coletado em relevo local ondulado, sob cobertura de Floresta Subperenifólia. Nos horizontes superficial [A] e subsuperficial [BA] há macroporosidade, apresentando raiz abundante somente no horizonte superficial. A textura é Franco-argilo-arenosa nos horizontes superficial e subsuperficial, e, Argilo-arenosa no horizonte [B].

Perfil 17

Neossolo Flúvico Tb Eutrófico, foi coletado em relevo local plano sob cobertura de Floresta Subperenifólia de Várzea. A descrição do perfil foi feita em barranco às margens do rio Madeira. A drenagem do solo apresentava-se imperfeita. Nas camadas, superficial [A] e subsuperficial [B], havia abundância de raízes, sendo verificada porosidade em todas as camadas.

Perfil 18

Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, foi coletado em relevo local plano sob cobertura de Floresta Subperenifólia. Em todos os horizontes verificou-se macroporosidade, mas somente no horizonte superficial [A] há presença de raízes em abundância. A textura no horizonte superficial é Franco-argilosa, já no horizonte subsuperficial [BA], há maior predomínio da fração areia, sendo classificada em Franco-arenosa.

Perfil 19

Neossolo Flúvico Tb Eutrófico, foi coletado em relevo local plano, sob cobertura de Floresta Subperenifólia. O solo apresentava drenagem imperfeita. Em todas as camadas foi verificada existência de raízes em abundância. A textura foi classificada como Média tanto na camada superficial [A], como subsuperficial [B].

Perfil 20

Plintossolo Argilúvico Alumínico Típico, foi coletado em relevo local plano sob cobertura de Floresta Subperenifólia. A drenagem do solo apresentava-se imperfeita. Havia raiz abundante nos horizontes, superficial [A] e subsuperficial [BA], neste também foi verificada porosidade, assim como no horizonte B. A textura do horizonte superficial [A] foi classificada em Franco-argilo-siltosa e no subsuperficial, assim como nos outros horizontes, Argilo-siltosa.

Perfil 21

Plintossolo Argilúvico Alumínico Típico, foi coletado em relevo local plano sob cobertura de Floresta Subperenifólia. Havia raiz abundante e macroporosidade até a profundidade de 36 cm, correspondendo ao limite inferior do horizonte [A_2]. Verificou-se presença de plintita no horizonte [B]. A textura é franco-arenosa no horizonte superficial [A] e subsuperficial [A_2].

Perfil 22

Plintossolo Háplico Eutrófico Típico, foi coletado na margem esquerda do rio Madeira em relevo local plano sob cobertura de mata de várzea. O solo apresentava drenagem imperfeita. O perfil como um todo se apresentava com elevada umidade com mosqueado nos horizontes [AB] e [B]; verificou-se raiz em abundância até a profundidade de 24 cm, correspondendo ao limite inferior do horizonte [AB] e pouca raiz no horizonte [B]. A textura é Franco argilo siltosa no horizonte superficial [A] e subsuperficial [AB].

Perfil 23

Argissolo Amarelo Distrófico Típico, foi coletado em relevo local ondulado sob cobertura de Floresta Subperenifólia; havia vestígios de erosão em “sulcos”. O solo apresentava boa drenagem, sendo verificada macroporosidade ao longo de todo o perfil. Havia raiz em abundância

até a profundidade de 18 cm, limite inferior do horizonte [BA] e raiz comum nos horizontes [B] e [B_2]. A textura é média no horizonte superficial [A] e argilosa no horizonte subsuperficial [BA].

Perfil 24

Neossolo Flúvico Tb Eutrófico, foi coletado na chamada Ilha das Onças, em relevo local plano com drenagem imperfeita sob cobertura de Floresta Subperenifólia. Na camada superficial [A] havia sedimento acumulado. Foi verificada presença de raiz em abundância até a profundidade de 20 cm, limite inferior da camada [B], com alcance em menor proporção até a profundidade de 130 cm, limite inferior da camada [G]. Todas as camadas do perfil apresentavam macroporosidade. Obs: as camadas [B] e [E] não foram coletadas. A textura é Franco argilo siltosa na camada superficial [A].

Perfil 25

Plintossolo Argilúvico Eutrófico Arênico foi coletado em barranco com relevo local plano sob cobertura de Floresta Caducifólia. Verificaram-se vestígios de erosão ocasionando a perda do horizonte superficial [A]. Havia macroporosidade em todos os horizontes do perfil e raiz em abundância no horizonte subsuperficial [AB], com alcance em menor proporção até o último horizonte descrito [B_2]. Foi observada formação de plintita na profundidade de 40 cm (transição do horizonte [BA] para [B]). A textura do horizonte superficial [A] erodido foi identificada somente em campo; a textura do horizonte subsuperficial [AB] foi também identificada em laboratório; ambas foram classificadas em arenosa.

Perfil 26

Argissolo Amarelo Eutrófico Típico, foi coletado em relevo local plano sob cobertura de Floresta Subperenifólia. Foi observada evidência de processo erosivo. Havia raiz em abundância até a profundidade de 42 cm, limite inferior do horizonte [BA], com alcance em menor proporção até o último horizonte descrito [B_2]. Observou-se macroporosidade ao longo de todo perfil. A textura do horizonte superficial [A] é Franco arenosa e do horizonte subsuperficial [BA] é Franco.

Perfil 27

Cambissolo Háplico Alumínico Gleico, foi coletado na margem direita do rio Madeira em relevo local plano sob cobertura de capoeira com formação aproximada de cinco anos. Observou-se raiz em abundância até a profundidade de 17 cm, limite inferior do horizonte [BA], com alcance em menor proporção até os 30 cm de profundidade. Foi verificada macroporosidade até horizonte [B]. No último horizonte descrito [B_2] foi identificado mosqueado. A textura do horizonte superficial [A] e do horizonte subsuperficial [BA] é Argilo arenosa.

Perfil 28

Neossolo Quartzarênico Órtico Plíntico Eutrófico, foi coletado em barranco, relevo local plano sob cobertura de Floresta Subperenifólia. O solo apresentava boa drenagem. O horizonte A havia sido decapitado. A camada superficial [E] e e a subsuperficial [AB] apresentam textura arenosa.

Perfil 29

Plintossolo Háplico Distrófico Típico, foi coletado em barranco, relevo local plano sob cobertura de Floresta Subperenifólia. No horizonte [B], foi identificada presença de plintita. Foi observada macroporosidade ao longo de todo o perfil e raiz abundante no horizonte superficial. A textura do horizonte superficial [A] é argilosa e do subsuperficial [BA] muito argilosa.

Perfil 30

Cambissolo Háplico Alumínico Típico foi coletado em relevo local plano, sob cobertura de Floresta de Terra Firme Subperenifólia. Foi observada raiz em abundância até a profundidade de 41 cm. A textura do horizonte superficial [A] e do subsuperficial [B] é argilosa.

Perfil 31

Argissolo Amarelo Distrófico Típico, foi coletado em relevo local plano, sob cobertura de Floresta Subperenifólia. Foi identificado mosqueado no horizonte [B], provavelmente por efeito da matéria orgânica. Foi observada atividade biológica até a profundidade de 25 cm, macroporosidade ao longo de todo o perfil e raiz em abundância apenas no horizonte superficial. A textura do horizonte superficial [A] e subsuperficial [AB] é Franco argilo arenosa.

Perfil 32

Cambissolo Háplico Alumínico Gleico foi coletado em relevo local suavemente ondulado sob cobertura de Floresta Secundária Subperenifólia de Várzea. Foram observadas atividade biológica e raiz em abundância no horizonte superficial e macroporosidade ao longo de todo perfil. A textura do horizonte superficial [A] é Franco argilo siltosa e do subsuperficial [BA], argilosa.

Perfil 33

Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Típico, foi coletado em relevo local plano sob cobertura de Capoeira associada à cultura perene (banana). Foi observada raiz em abundância no horizonte superficial. A textura do horizonte superficial [A] é Franco arenosa e do subsuperficial [E], Areia franca.

8.1.3 Trecho entre Novo Aripuanã-AM e a Foz do Rio Madeira

Perfil 34

Neossolo Flúvico Tb Eutrófico típico.

Camada – A: de 0 a 3cm; (7YR 4/2); textura Franco argiloso siltoso; consistência pegajosa e plástica; estrutura maciça transformada em blocos; transição plana-clara; solo orgânico; raiz abundante e porosidade.

Camada – A1: de 3 a 10cm; mosqueado (10YR 4/3) textura franca argilosa; consistência pegajoso e plástico; estrutura em bloco médio angular; transição plana-clara; presença de porosidade raiz comum.

Camada – A2: de 10 a 20cm; 7YR 4/2; textura franco argiloso; consistência pegajoso e ligeiramente plástico; estrutura em bloco angular; transição plana-clara; presença de porosidade raiz comum.

Camada – A3: de 20 a 40cm; mosqueado (10YR 3/3); textura franco argiloso; consistência pegajoso e plástico; estrutura maciça; presença de raiz pouca.

Camada – B: mais de 40cm; (10YR 4/3); textura franco argiloso; consistência plástico e pegajoso.

Perfil 35

Latossolo Vermelho – Amarelo distrófico típico

Horizonte – A: de 0 a 9cm; (10YR 4/6); textura muito argiloso; consistência plástica e pegajosa; estrutura granular e bloco subangular; transição plana-clara; presença de macroporosidade e raiz abundante.

Horizonte – A1: de 9 a 23cm; (7.5YR 4/6); textura muito argiloso; consistência plástica e pegajosa; estrutura granular e bloco subangular; transição plana-clara; presença de macroporosidade e raiz abundante.

Horizonte – AB: de 23 a 35; (7.5YR 4/4); textura muito argiloso; consistência plástica e pegajosa; estrutura bloco subangular; transição plana-clara; raiz comum.

Horizonte – B: de 35 a 53cm; (7.5 YR 6/8); textura argiloso; consistência plástica e pegajosa; estrutura bloco subangular; transição plana-clara.

Horizonte: B1: mais de 53cm; (5YR 6/8); textura muito argiloso; estrutura (tradagem).

Perfil 36

Latossolo Amarelo distrófico típico

Horizonte – A: de 0 a 10cm; (10YR 3/6); textura argiloso; estrutura granular; consistência plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana-clara; presença de macroporosidade e raiz abundante, pouca atividade biológica.

Horizonte – A1: de 10 a 29cm; (10YR 3/4); textura argiloso; estrutura granular; consistência plástica e pegajosa; transição plana-clara; raiz abundante.

Horizonte – A2: de 29 a 47cm; (7.5YR 5/4); textura muito argiloso; estrutura em bloco subangular; consistência plástica e pegajosa; transição plana-clara; presença de raiz comum.

Horizonte – BA: de 47 a 62cm; (7.5YR 5/6); textura muito argiloso; consistência plástica e pegajosa; estrutura em bloco subangular; transição plana-clara.

Horizonte – B: mais de 62cm; (7.5YR 4/6); textura muito argilosa ;consistência plástica e pegajosa.

Perfil 37

Latossolo Amarelo distrófico típico

Horizonte – A: de 0 a 7cm; mosqueado (5YR 4/2); textura franco argilo arenoso; estrutura em bloco subangular; consistência ligeiramente pegajoso e não plástico; transição plana-clara; presença de macroporosidade, raiz abundante, atividade biológica.

Horizonte – A1: de 7 a 21cm; (5YR 4/3); textura franco argilo arenoso; estrutura bloco subangular; ligeiramente pegajoso e não plástico; transição plana-clara; raiz abundante.

Horizonte – B1: de 21 a 36cm; (7.5YR 4/4); textura franco arenoso; consistência “solto”; transição plana-clara; raiz abundante.

Horizonte – B2: de 36 a 73cm; mosqueado (10YR 4/4); textura franco argilo arenoso; não pegajoso e ligeiramente plástico; estrutura bloco subangular; transição plana-clara; raiz comum.

Horizonte – B3: mais de 73cm; (10YR 4/3); textura franco argilo arenoso; não pegajoso e não plástico; sem estrutura; não consta transição; raiz comum.

Perfil 38

Plintossolo Háplico Eutrófico típico

Horizonte – A0: não apresenta descrição.

Horizonte – A1: de 2 a 18cm; (10YR 4/1); textura franco argiloso; pegajoso e plástico; estrutura em bloco angular; transição plana-clara; presença de macroporosidade e raiz comum.
Horizonte – A2: de 18 a 30cm; (10YR 4/2); textura franco argiloso; ligeiramente plástico e não pegajoso; estrutura granular; não consta transição.
Horizonte – A3: mais de 30cm; (10YR 3/3); textura franco argiloso; ligeiramente plástico e não pegajoso; não consta estrutura e transição (tradagem).

Perfil 39

Latossolo Amarelo Eutrófico típico

Horizonte – A0: não apresenta descrição.
Horizonte – A: de 2 a 15cm; (10YR 3/3); textura franco; consistência ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica; estrutura em bloco subangular; transição plana-clara; presença de macroporosidade e raiz comum.
Horizonte – AB: de 15 a 24cm; (10YR 3/3); textura franco argiloso arenoso; não pegajoso e ligeiramente plástico; estrutura bloco angular; transição plana-clara (ondulada); presença de macroporosidade e raiz comum.
Horizonte – BA: de 24 a 34cm; (10YR 4/2); textura franco argiloso arenoso; consistência ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana-clara; presença de porosidade e raiz comum.
Horizonte – B: de 34 a 51cm; (7.5 YR 4/3); textura franco argiloso; consistência ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica; estrutura bloco angular; transição plana-clara; presença de porosidade e raiz comum.
Horizonte – B1: de 51 a 77cm; (7.5YR 3/2); textura franco argiloso; consistência ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica; estrutura bloco angular; presença de raiz comum.

Perfil 40

Cambissolo Háplico Tb Eutrófico

Horizonte – A: de 0 a 5cm; mosqueado (10YR 3/3); textura franco; plástico e ligeiramente pegajoso; estrutura bloco subangular; transição plana-clara; presença de raiz comum e macroporosidade.
Horizonte – A1: de 5 a 15cm; (10YR 4/3); textura franco; ligeiramente plástico e pegajoso; estrutura em placa; transição plana-clara; presença de macroporosidade e raiz comum.

Horizonte – A2: de 15 a 40cm; mosqueado pouco nítido (10YR 4/3); argiloso; ligeiramente plástico e pegajoso; estrutura bloco subangular; transição “difusão”; raiz comum.
Horizonte – BA: de 40 a 44cm; (7.5YR 4/2); textura franco argilo arenoso; plástico e pegajoso; estrutura em pequenos blocos subangulares; transição plana-clara; raiz comum.
Horizonte – B: mais de 40cm; (10YR 3/2); textura franco argiloso; plástico e ligeiramente pegajoso; não consta transição; raiz comum.
Obs: Cor do mosqueado A1 (10YR 3/6); cor do mosqueado BA (10YR 4/8); cor do mosqueado B (10YR 3/6); consistência realizada com solo molhado.

Perfil 41

Latossolo Amarelo Distrófico típicos
Horizonte – A: de 0 a 17cm; (10YR 4/4); textura muito argiloso; pegajoso e plástico; estrutura bloco subangular; transição plana-clara; raiz comum; alta porosidade e atividade biológica.
Horizonte – BA: de 17 a 39cm; (7.5YR 5/6); textura muito argiloso; consistência plástico e pegajoso; estrutura bloco a granular; transição plana-clara; transição raiz rara; alta porosidade e atividade biológica .
Horizonte – B: mais de 39; (7.5 YR 5/6); textura muito argiloso; pegajoso e plástico; estrutura bloco subangular; não consta transição; raiz rara.

Perfil 42

Argissolos amarelo distrófico típico
Horizonte – A0: não apresenta descrição.
Horizonte – A: de 5 a 21cm; (7.5YR 3/2); textura argilosa; consistência pegajosa e plástica; estrutura bloco subangular; transição plana-clara; presença de macroporosidade e raiz abundante.
Horizonte – A1: de 21 a 40cm; (10YR 4/2); textura argilosa; consistência pegajosa e plástica; estrutura em bloco subangular; transição plana-clara; raiz comum.
Horizonte – BA: de 4 a 53cm; (10YR 3/4); textura muito argilosa; consistência pegajosa e plástica; estrutura em bloco subangular; transição plana-clara; raiz rara.
Horizonte – B: de 53 a 73cm; (10YR 5/6); textura muito argilosa; consistência pegajosa e plástica; não consta estrutura e transição; raiz rara.
Horizonte – B1: mais de 73cm; (10YR 5/8); textura muito argilosa; consistência pegajoso e plástico; não consta estrutura e transição (tradagem).

Perfil 43

Latossolo amarelo eutrófico típico

Horizonte – A: de 0 a 7; (10YR 4/3); textura franco; consistência pegajosa plástica; estrutura bloco subangular; transição plana-clara.

Horizonte – BA: de 7 a 15; (10YR 4/3); textura franco; consistência pegajosa plástica; estrutura bloco angular; transição plana-clara.

Horizonte – B: 15 a 46cm; (10YR 4/2); textura franco; estrutura granular e bloco angular; consistência pegajosa e multiplástica; transição plana-clara.

Horizonte – BC: de 46 a 52cm; (10YR 4/4); textura franco argilo arenoso; estrutura granular e bloco subangular; consistência ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana-clara.

Horizonte – C: mais de 52cm; (10YR 5/4); textura franco argiloso; consistência não plástica e não pegajosa; não consta estrutura e transição.

Perfil 44

Plintossolo Argilúvico Aluminíco típico

Horizonte – A: de 0 a 22cm; (10YR 3/3); textura argiloso; consistência pegajosa e plástica; estrutura em pequenos blocos; transição plana-clara; presença de plintita formada; macroporosidade; raiz abundante; atividade biológica.

Horizonte – AB: de 22 a 41cm; (7.5YR 6/8); textura muito argiloso; consistência pegajosa e plástica; estrutura em bloco subangular; transição plana-clara; raiz comum.

Horizonte – B: mais de 41cm; não consta a cor; textura muito argiloso; consistência pegajosa e plástica; não consta estrutura e transição; raiz rara.

Perfil 45

Plintossolo Argilúvico Aluminíco típico

Horizonte – A: de 0 a 6cm; (10YR 3/4); textura argiloso; consistência pegajosa e ligeiramente plástica; estrutura granular e bloco subangular; transição plana-clara; presença de macroporosidade e raiz abundante.

Horizonte – A1: de 6 a 21cm; (7.5YR 4/6); textura argiloso; consistência ligeiramente pegajosa e plástica; estrutura bloco subangular; transição plana-clara; porosidade e raiz abundante.

Horizonte – BA: de 21 a 29; (5YR 5/8); textura muito argiloso; consistência ligeiramente pegajosa e plástica; estrutura granular e bloco subangular; transição plana-clara; porosidade e raiz abundante.

Horizonte – B: de 29 a 39cm; mosqueado pouco nítido (2.5YR 4/8); textura muito argiloso; consistência ligeiramente pegajosa e plástica; estrutura granular e bloco subangular; não consta transição; raiz comum.

Horizonte – B1: de 39 a mais de 59cm; (2.5 YR 4/6); textura muito argiloso; consistência plástica e ligeiramente pegajosa; não consta estrutura e transição (tradagem).

Obs: A partir do B, presença de plintita; mosqueado pouco nítido no B; mosqueado no B1 (10YR 5/4).

Perfil 46

Argissolos amarelo distrófico típico

Horizonte – Ap: de 0 a 10cm; (2.5YR 2.5/0); textura franco argilo arenoso; consistência não pegajosa e não plástica; maciço; transição “ondulada”; apresenta atividade biológica e raiz comum.

Horizonte – AB: de 10 a 28cm; (5YR 3/1); textura franco argilo arenoso; consistência não pegajosa e não plástica; maciço; transição plana-clara; raiz rara.

Horizonte – BA: de 28 a 48cm; (10YR 6/6); textura argilo argiloso; consistência pegajosa e plástica; estrutura em bloco subangular; transição plana-clara; raiz rara.

Horizonte – B: de 48 a mais de 91cm; (10YR 6/6); argiloso; consistência plástica e pegajosa estrutura bloco subangular; não consta transição; raiz rara.

Obs: Ap - solo mecanizado (ação antrópica)

Perfil 47

Plintossolo Háplico Eutrófico típico

Horizonte – Ap: de 0 a 11cm; (10YR 3/3); textura franco argiloso; consistência ligeiramente pegajosa e plástica; estrutura em bloco angular; transição plana-clara; atividade biológica e raiz abundante.

Horizonte – A1: de 11 a 19cm; (10YR 4/2); argiloso; consistência pegajosa e plástica; estrutura bloco subangular; atividade biológica e raiz abundante.

Horizonte – A2: de 19 a 37cm; (10YR 4/2); textura franco argiloso; consistência pegajosa e plástica; estrutura bloco angular; atividade biológica e raiz comum.

Horizonte – A3: de 37 a 87cm; (10YR 4/2); textura franco argiloso; consistência pegajosa e plástica; estrutura bloco subangular; não consta transição; raiz rara.

Horizonte – B: mais de 87cm; (10YR 3/4); textura franco argiloso; consistência ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica; consistência "solto"; não consta estrutura e transição (tradagem).

Obs: mosqueado no A1 (2.5YR 3/4); mosqueado pouco nítido no A2 e A3; alta umidade no B.

Perfil 48

Neossolos flúvicos Tb Eutróficos típicos

Camada – Ap: não apresenta descrição.

Camada – A: de 6 a 18cm; (10YR 3/6) textura argilo-arenoso; consistência ligeiramente pegajosa e plástica; estrutura em bloco subangular; transição "ondulada"; raiz comum.

Camada– A1: de 18 a 25cm; (10YR 5/8); textura areia franca; maciço; não plástico e não pegajoso; transição "irregular"; raiz comum.

Camada – A2: de 25 a 42cm; (10YR 3/3) textura franco argilo arenoso; consistência ligeiramente pegajoso; estrutura bloco subangular; não consta transição; raiz comum.

Camada – B: de 42 a mais de 60cm; (10YR 4/6); textura franco arenoso; maciço; consistência "solto"; raiz comum.

Obs: presença de translocação.

Tabela III - Planilha de dados físicos, químicos e físico-químicos dos perfis de solos amostrados na planície fluvial do Rio Madeira entre Novo Aripuanã-AM e a Foz do Rio Madeira.

Localidade	Classificação	Prof. cm	Horiz.	pH (H2O)	P mg/dm3	MO g/Kg	mmolc/dm3							V%	m%	Areia total	Silte	Argila
							K	Ca	Mg	Al+H	Al	SB	CTC					
34 Novo Aripuanã	Neossolo Flúvico Tb Eutrófico Típico	0 a 3	A	4,3	30	10,5	1,77	42,8	24,7	77,6	11,2	69,3	146,9	47	13,9	**179**	500	321
60°20' 36" W		3 a 10	A2	5,4	25	4,5	1,23	40,1	21,2	28,7	1,6	62,5	91,2	68	2,5	279	433	288
5°04' 33" S		10 a 20	A3	5,3	19	7,5	1,05	42,5	30,8	29,7	2	74,4	104,1	71	2,6	346	350	304
		20 a 40	A4	4,2	27	25,1	2,46	47,6	26,2	82,5	5,8	76,3	158,8	48	7,1	346	333	321
		40 a 50+	A5	5,4	18	5	1,26	34,6	30,4	39,6	3,4	66,3	105,9	63	4,9	279	383	338
35 Matamatá	Latossolo Verm. Amar. Distrófico Típico	0 a 9	A	3,4	9	46,7	1,72	1,8	1,6	165	65,5	5,1	170,1	3	92,7	179	100	721
60°14' 19" W		9 a 23	A2	3,5	4	27,6	1,08	0,3	0,9	140,3	81,4	2,3	142,6	2	97,3	112	100	788
4°54' 56" S		23 a 35	BA	3,7	3	20,1	0,67	1,5	0,7	128,7	71	2,9	131,6	2	96,1	146	83	771
		35 a 53	B	4	3	39,7	0,64	0,7	0,3	107,3	61	1,6	108,9	2	97,4	79	100	821
		53 a 60+	B2	4,4	8	46,7	1,77	0,5	0,2	89,1	48,9	2,5	91,6	3	95,2	62	84	854
36 Vista Nova	Latossolo Amarelo Distrófico Típico	0 a 10	A	3,5	5	36,7	1,26	1,8	2	160,1	58,8	5,1	165,2	3	92,1	362	100	538
60°05' 31" W		10 a 29	A2	3,8	1	42,7	0,38	0,6	0,8	146,9	65,6	1,8	148,7	1	97,4	299	100	601
4°55' 40" S		29 a 47	A3	4,1	1	14,1	0,36	0,4	0,2	145,2	67	1	146,2	1	98,6	233	83	684
		47 a 62	BA	4,4	6	10	1	0,2	0,1	143,6	66,8	1,3	144,9	1	98,1	199	100	701
		62 a 70+	B	4,3	12	3,5	1,44	2,9	2,2	107,3	62,2	6,5	113,8	6	90,5	199	84	717
37 Vila Isabel	Latossolo Amarelo Distrófico Típico	0 a 7	A	4,3	6	7,5	0,92	14	15,8	44,6	12,9	30,7	75,3	41	29,6	599	184	217
59°54' 33" W		7 a 21	A2	4,5	13	4,5	1	11,1	16,3	51,2	21,4	28,4	79,6	36	43	594	200	251
4°48' 07" S		21 a 36	B	4,2	3	54,8	0,72	5,2	5,7	51,2	20,2	11,6	62,8	19	63,5	683	116	201
		36 a 73	B2	4,9	4	2,5	0,59	9	9,9	71	26,1	19,5	90,5	22	57,2	599	167	234
		73 a 80+	B3	4,9	49	5,5	8,21	6,9	7,6	62,7	27,2	22,7	85,4	27	54,5	566	167	267
38 Ilha do Mandi	Plintossolo Háplico Eutrófico Típico	0 a 2	A	5,8	24	43,7	5	45	31	47,9	0	81	128,9	63	0	----	----	----
59°54' 25" W		2 a 18	A2	4,6	19	8,5	1,28	37,8	27,2	59,4	10,8	66,3	125,7	53	14	233	433	334
4°30' 41" S		18 a 30	AB	5	22	10,5	1,21	40,8	27,3	34,7	2,4	69,3	104	67	3,3	266	383	351
		30 a 35+	B	5,2	22	1,5	0,9	28,8	23,2	31,4	4,7	52,9	84,3	63	8,2	466	283	251
39 Ilha do Borba	Latossolo Amarelo Eutrófico Típico	0 a 2	A	6,3	49	15,6	3,62	52,2	30,3	16,5	0	86,1	102,6	84	0	----	----	----
59°47' 03" W		2 a 15	A2	5,1	37	5	1,28	30,1	22,6	29,7	2,3	54	83,7	65	4,1	483	300	217
4°25' 01" S		15 a 24	AB	5,1	26	3,5	0,97	26,3	19,9	28,1	4,8	47,2	75,3	63	9,2	533	266	201
		24 a 34	BA	5	26	2,5	0,92	28,6	21,4	29,7	5,9	50,9	80,6	63	10,4	466	267	267
		34 a 51	B	4,6	18	7,5	0,82	29	24,1	46,2	10,4	53,9	100,1	54	16,2	333	350	317
		51 a 77	B2	5	12	3,5	0,85	29,6	24,4	36,3	9	54,9	91,2	60	14,1	233	433	334
40 Borba	Cambissolo Háplico Tb Eutrófico	0 a 5	A	5	42	18,6	3	49,9	27,6	41,3	0,6	80,5	121,8	66	0,7	399	367	234
59°47' 15" W		5 a 15	A2	5,2	47	7,5	2,13	38,2	27,4	29,7	1	67,7	97,4	70	1,5	366	383	251
4°23' 47" S		15 a 40	A3	5	37	4,5	1,23	29,2	23,1	31,4	2,5	53,5	84,9	63	4,5	533	266	201
		40 a 44	BA	4,9	39	7,5	1,18	28,6	22,9	42,9	4,6	52,7	95,6	55	8	399	334	267
		44 a 50+	B	5,2	23	4,5	1,08	35,7	27,8	31,4	2,7	64,6	96	67	4	299	400	301
41 Caiçara	Latossolo Amarelo	0 a 17	A	4,3	19	20,6	1,23	17,9	6,7	94,1	31,4	25,8	119,9	22	54,9	133	100	767
59°26' 59" W		17 a 39	BA	4,2	23	6,5	0,59	2,7	0,9	94,1	45,7	4,2	98,3	4	91,6	99	100	801

4°16' 45" S	Distrófico Típico	39 a 45+	B	4,3	10	6,5	0,59	0,6	0,5	79,2	43,9	1,7	80,9	2	96,3	66	83	851
42 Canaã	Argissolo Amarelo Distrófico Típico	0 a 5	A	3,4	9	42,7	0,92	2,2	0,6	178,2	52,1	3,7	181,9	2	93,3	----	----	----
59°21' 04" W		5 a 21	A2	3,5	4	26,6	0,82	0,4	1,3	151,8	55,6	2,5	154,3	2	95,7	333	200	467
4°08' 42" S		21 a 40	A3	3,9	3	28,6	0,54	0,1	0,4	146,9	45,9	1	147,9	1	97,8	299	200	501
		40 a 53	BA	4,1	2	12,6	0,38	0	0,2	117,2	51,1	0,6	117,8	0	98,9	266	100	634
		53 a 73	B	4,3	3	5	0,64	0,4	0,2	100,7	52,7	1,2	101,9	1	97,7	199	67	734
		73 a 80+	B2	4,3	2	4,5	0,26	0,2	0,1	90,8	53	0,6	91,4	1	99	183	66	751
43 Nova Olinda	Latossolo Amarelo Eutrófico Típico	0 a 7	A	5	26	3,5	1,13	31	25,6	33	3,8	57,7	90,7	64	6,2	433	300	267
59°15' 56" W		7 a 15	BA	5,6	24	5,5	0,72	33,3	28,4	28,1	1,7	62,4	90,5	69	2,7	349	344	317
3°56' 44" S		15 a 46	B	5,3	18	7,5	0,79	36,1	28,6	33	2,2	65,5	98,5	66	3,3	399	317	284
		46 a 52	BC	5,3	2	5	0,56	27,3	24,3	36,3	5,4	52,2	88,5	59	9,4	466	267	267
		52 a 60+	C	5,6	2	2,5	0,56	22,3	23,6	41,3	2,1	46,5	87,8	53	4,3	433	233	334
44 Pacqué	Plintossolo Argilúvico Alumínico Típico	0 a 22	A	4,3	57	28,6	1,95	34,1	5,2	127,1	15	41,3	168,4	25	26,7	366	167	467
59°02' 33" W		22 a 41	BA	4,4	69	7,5	0,59	2,1	0,5	130,4	51,3	3,2	133,6	2	94,1	199	100	701
3°48' 56" S		41 a 50+	B	4,6	34	2,5	0,26	0,8	0,2	97,4	55,8	1,3	98,7	1	97,8	133	50	817
45 Lago Miguai	Plintossolo Argilúvico Alumínico Típico	0 a 6	A	3,6	11	37,7	1,49	1,4	1,6	178,2	51	4,5	182,7	2	91,9	299	234	467
59°06' 23" W		6 a 21	A2	3,9	4	15,6	0,72	0,6	0,7	148,5	56,1	2	150,5	1	96,5	299	200	501
3°41' 37" S		21 a 29	BA	4,3	3	10,5	0,54	0,1	0,2	105,6	60,3	0,8	106,4	1	98,6	199	167	634
		29 a 39	B	4,4	2	5	0,36	0,1	0,1	115,5	71,1	0,6	116,1	0	99,2	133	100	767
		39 a 59+	B2	4,5	1	1,5	0,31	0	0	117,2	78,8	0,3	117,5	0	99,6	66	100	834
46 Urucurituba	Argissolo Amarelo Distrófico Típico	0 a 10	AP	3,8	16	17,6	0,67	3,9	0,3	110,6	18,4	4,9	115,5	4	79,1	666	67	267
58°55' 25" W		10 a 28	AB	4,4	22	2,5	0,26	3,8	0,1	84,2	19,1	4,2	88,4	5	82,1	599	67	334
3°32' 40" S		28 a 48	BA	4,8	32	2,5	0,38	7,5	2	56,1	16,7	9,9	66	15	62,8	466	67	467
		48 a 91+	B	4,8	46	7,5	0,44	3,9	0,1	66	31	4,4	70,4	6	87,5	416	67	517
47 Faz. São Jorge	Plintossolo Háplico Eutrófico Típico	0 a 11	AP	4,8	41	16,6	1,74	34,1	27,2	71	12,8	63	134	47	16,9	233	466	301
58°48' 43" W		11 a 19	A	4,3	42	10,6	1,13	35	25,5	61,1	21,3	61,6	122,7	50	25,7	233	450	317
3°28' 25" S		19 a 37	A2	4,9	22	7,5	0,9	46,6	31	42,9	12,6	78,5	121,4	65	13,8	99	534	367
		37 a 87	A3	5	19	2,5	0,79	36,2	28	38	8,2	65	103	63	11,2	199	467	334
		87 a 100+	B	4,5	26	1	0,74	27,7	24,7	28,1	3,6	53,1	81,2	65	6,3	416	317	267
48 Foz do rio Madeira	Neossolo Flúvico Tb Eutrófico Típico	0 a 6	AP	4,5	50	9	2,38	25,3	25,8	42,9	4,2	53,5	96,4	55	7,3	----	----	----
58°44' 34" W		6 a 18	A	4,6	42	2,5	0,97	21,8	20,4	38	6,2	43,2	81,2	53	12,6	533	266	201
3°23' 01" S		18 a 25	A2	4,9	40	1,5	0,82	11	7,1	21,5	3,7	18,9	40,4	47	16,4	799	67	134
		25 a 42	A3	5,3	26	1	1,26	35	31,1	21,5	1,2	67,4	88,9	76	1,8	549	217	234
		42 a 60+	B	5,8	35	1,5	0,87	12,2	9,2	13,2	0	22,3	35,5	63	0	783	66	151

8.1.4 Análise geral dos solos amostrados na área de estudo – Porto Velho à Foz do Rio Madeira

No levantamento pedológico realizado nos anos de 2001 e 2002 ao longo do curso do Rio Madeira (Porto Velho-RO a foz), foram classificados onze perfis em Neossolos Flúvicos, que são solos formados a partir da deposição de sedimentos aluviais.

A fertilidade natural dos solos se reconhece por meio do cálculo do V% (percentual de saturação por bases) que indica a porcentagem de saturação de bases trocáveis na superfície das partículas colidais (minerais e orgânicas) do solo (Vale et. al 1997). Foram representados os percentuais de fertilidade natural dos solos classificados em Neossolos Flúvicos na Figura 22. Nesta, verifica-se que sete perfis apresentaram a média do V% acima de 65% para as duas primeiras camadas, o que indica solos eutróficos. Especialmente, os três últimos perfis amostrados apresentam V% inferior a 65% indicando Neossolos mesotróficos. As amostras coletadas na região de Humaitá-AM (Perfil 10) e Baiano (Perfil 19) foram consideradas "*outlyers*", após análise de seus resultados, não sendo inserida no escopo da análise geral dos perfis classificados em Neossolos Flúvicos.

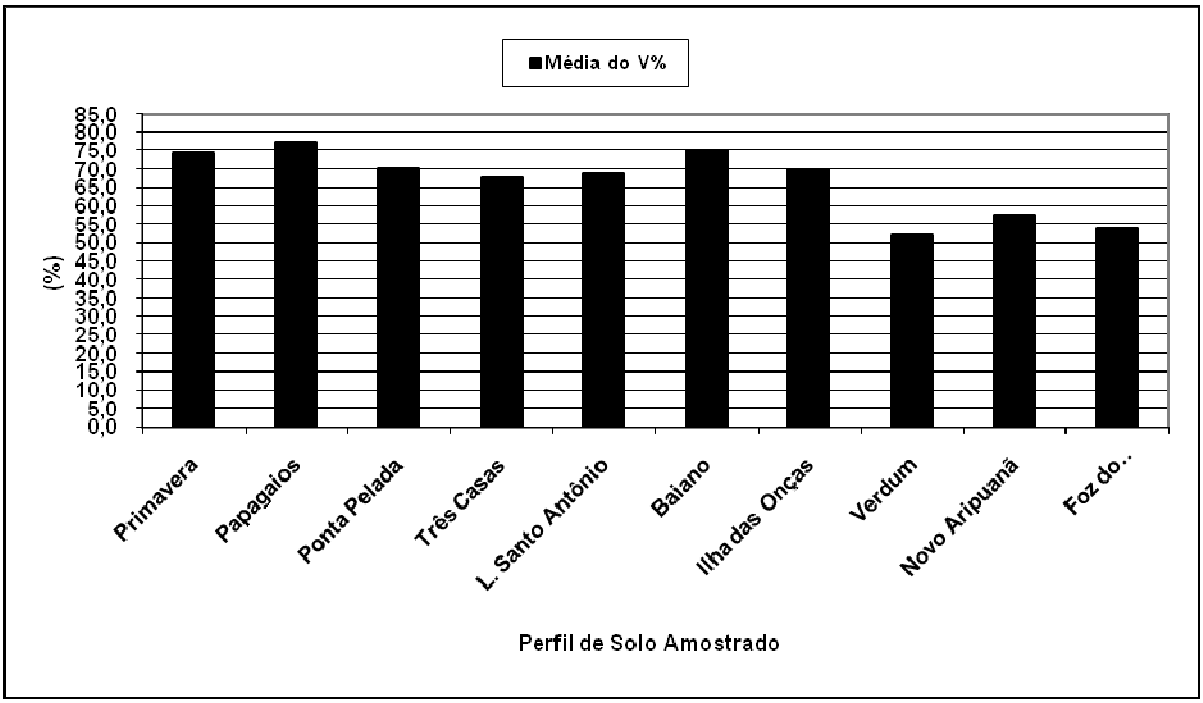


Figura 22. Fertilidade Natural da Classe Neossolos Flúvicos na Várzea do Rio Madeira
Fonte: Elaborado a partir de análise do banco de dados de solo – Tabelas I, II e III.

A base trocável cálcio é a mais representativa nos solos de várzea do rio para os Neossolos Flúvicos, como pode ser observado na Figura 23. Tais indicações também foram apontadas por Lima *et. al*., (2006) em análises químicas realizadas em Neossolo Flúvico formado no ambiente de várzea do rio Solimões – Amazônia.

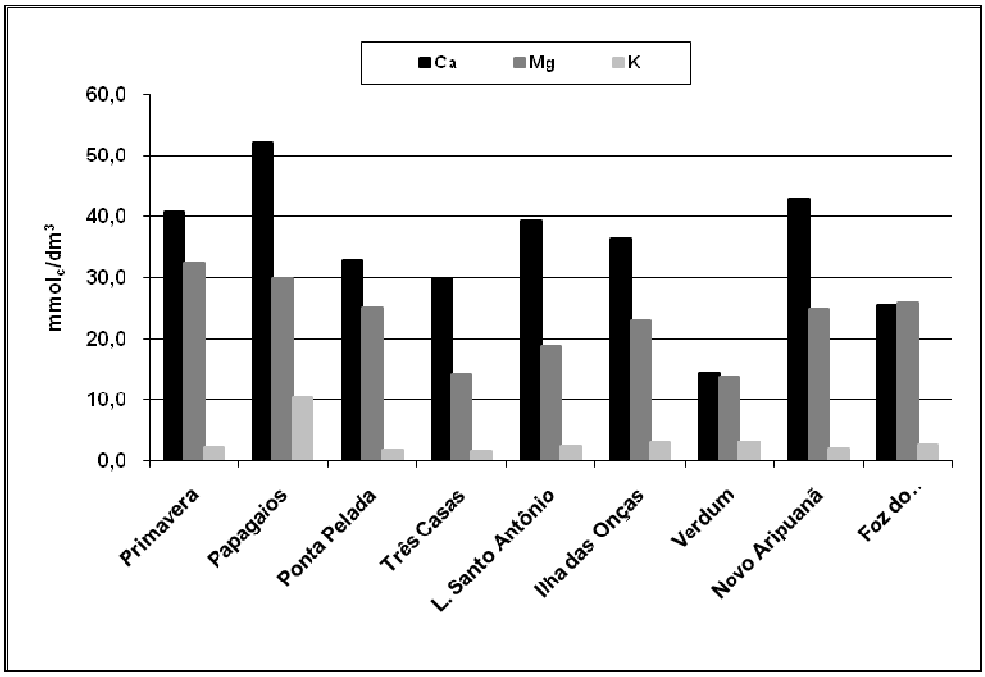


Figura 23. Bases trocáveis em Neossolos Flúvicos - Várzea do Rio Madeira

Fonte: Elaborado a partir de análise do banco de dados de solo – Tabelas I, II e III.

8.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS E SEDIMENTOS DO RIO MADEIRA

A quantidade de materiais em suspensão no Rio Madeira oscila conforme o regime hidrológico sazonal, sendo assim, no período de cheia, quando a erosividade e o poder de transporte dos materiais particulados está no ápice nas cabeceira formadoras dos rios Andinos, verifica-se um substancial aumento na quantidade de materiais em suspensão transportados no Rio Madeira (Figura 24).

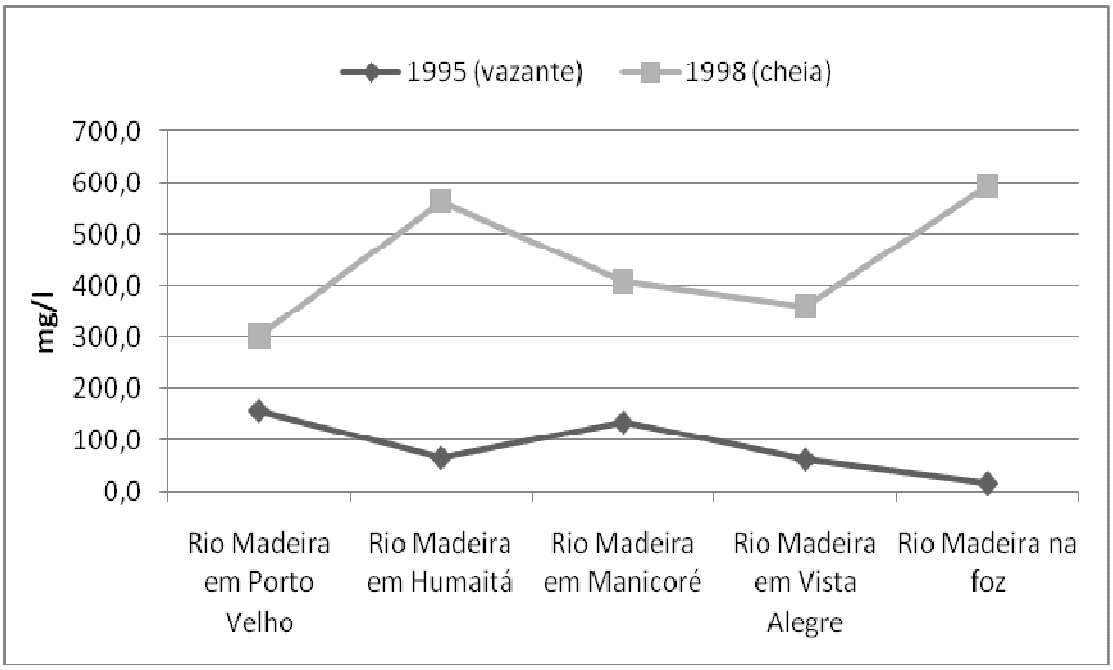


Figura 24. Variação sazonal dos sedimentos em suspensão no Rio Madeira
Fonte: Elaborado a partir de dados do HIBAm (www.ana.gov.br/hibam).

Em Bastos (2004) são apresentados valores de sedimentos em suspensão amostrados em quatro pontos ao longo do Rio Madeira, sendo que o maior valor estimado no período correspondente ao final da estiagem (máximo nível da vazante do rio), corresponde a 330,61 $mg.L^{-1}$, valor este situado bem acima do maior valor estimado para o mesmo período pelo HIBAm, correspondente a 158, 00 mg/L.

A variação da turbidez é o parâmetro relacionado à intensidade de penetração da luz, a partir do quantitativo de materiais em suspensão no leito do rio. Na Figura 25 se compara a turbidez ao longo do Rio Madeira, nos períodos de cheia e vazante, onde se verifica concordância com a variação dos materiais em suspensão somente para três pontos amostrados (Porto Velho, Vista Alegre e na foz).

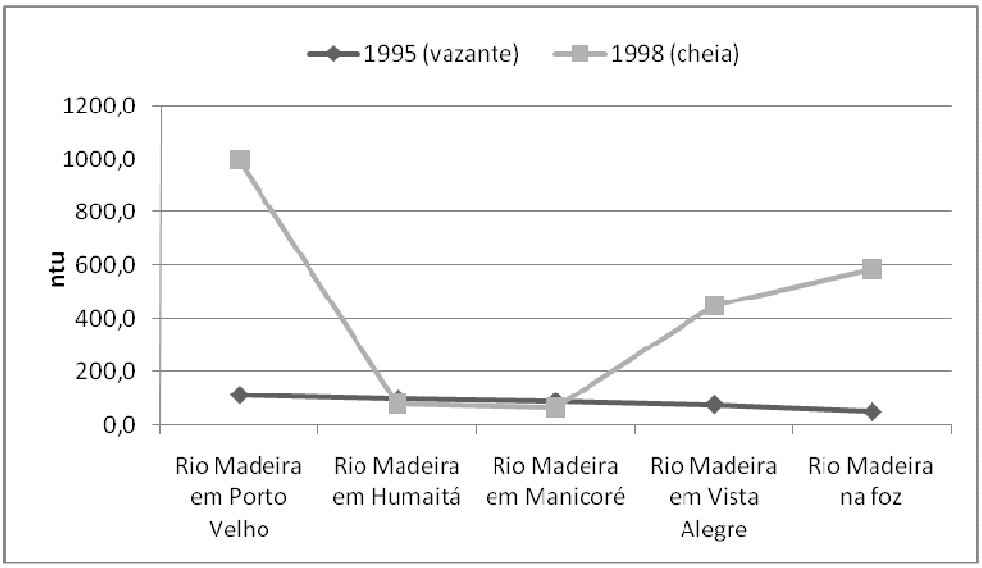


Figura 25. Variação sazonal da turbidez nas águas do Rio Madeira

Fonte: Elaborado a partir de dados do HIBAm (www.ana.gov.br/hibam).

O parâmetro fertilidade natural do solo depende do total de bases trocáveis adsorvidas nas superfícies coloidais do solo. Deste modo, busca-se comparar a representatividade destas bases adsorvidas nas partículas coloidais (sedimentos) presentes no Rio Madeira, pois são elementos indicadores do desenvolvimento primário de vegetais, constituindo o conjunto de macronutrientes necessários ao desenvolvimento dos mesmos (Lepsch 2002). Grande parte dos materiais em suspensão transportados no rio é depositado nas margens em camadas estratificadas, formando assim, os solos típicos desse ambiente.

Neste sentido, foram analisados os elementos cálcio, magnésio e potássio (Figura 26), a preponderância do elemento cálcio em todos os pontos amostrados na água do Rio Madeira, seguido do magnésio e potássio em menor proporção.

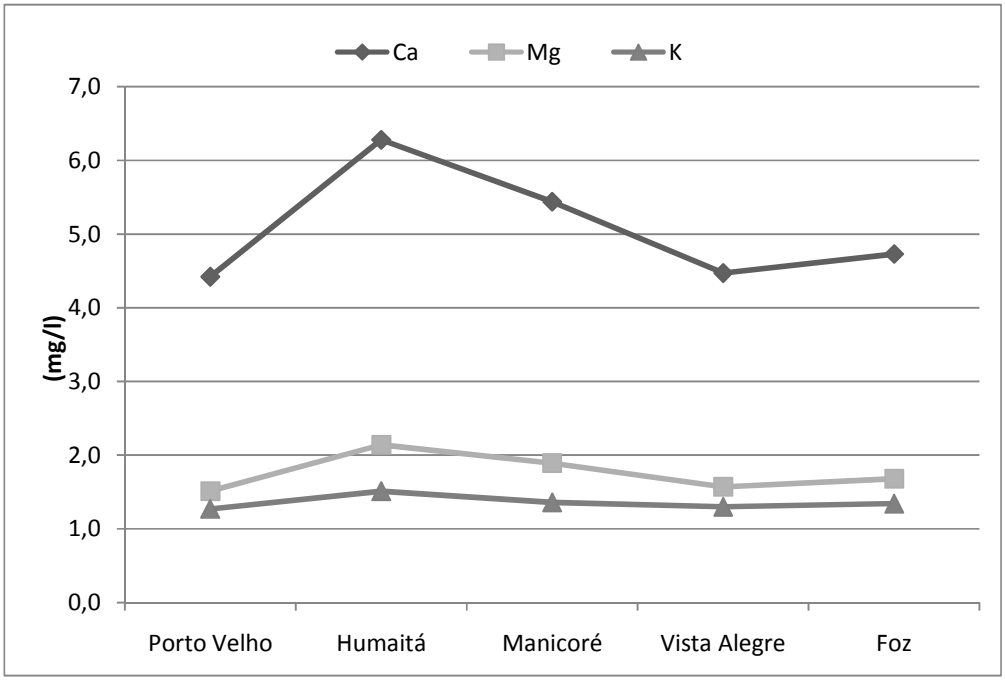


Figura 26. Valores de Ca; Mg; K nas águas do Rio Madeira - período de cheia
Fonte: Elaborado a partir de dados do HIBAm (www.ana.gov.br/hibam).

8.3 RELACIONAMENTOS ENTRE OS INDICADORES DE FERTILIDADE

As camadas superficiais dos solos amazônicos apresentam comumente uma significativa concentração de material orgânico, que tende a decrescer com a profundidade. Nestes termos buscou-se relacionar esta concentração de matéria orgânica à capacidade de troca catiônica nas amostras superficiais de dois grupos distintos de solos.

Os teores de matéria orgânica foram relacionados a componente físico-química CTC potencial, por apresentarem estreita interação, pois a presença de matéria orgânica ajuda a reter as bases trocáveis, e, em condições locais, mostra-se diretamente relacionada aos níveis de fertilidade do solo (Moreira e Costa, 2004). Através da mineralização da MO, os nutrientes são liberados, promovendo o aumento da CTC, e, juntamente com a fração argila, desempenham papel fundamental no que diz respeito à retenção dos cátions trocáveis presentes no solo (Ciotta *et. al*., 2003). A superfície dessas partículas agem como “esponjas” ao permitir a adsorção dos cátions trocáveis por efeito da diferença de cargas elétricas. No entanto, a atividade de uma

poderá sobrepor-se a outra, ao cumprir com maior eficiência a função de dificultar a rápida lixiviação dos nutrientes.

Em se tratando do grupo Neossolos, a componente geomorfológica é determinante na formação e composição física, química e físico-química do solo, pois o regime hidrológico sazonal confere uma recarga periódica de elementos nutricionais essenciais à fertilização desse solo, e, apesar da maior parte das amostras expressarem valores muito baixos de MO, apresentam um grau de fertilidade natural bastante elevado. Para isso contribui os valores quase neutros de pH, percentagem quase nula de saturação por alumínio (aspectos decorrentes da pouca evolução desses solos), assim como o material argiloso depositado.

O primeiro corresponde aos solos formados em terrenos mais estáveis, e mais desenvolvidos, condicionando a formação de Latossolos e Argissolos. O segundo grupo corresponde aos terrenos mais instáveis e hidromóficos, condicionando o desenvolvimento de Gleissolos e Neossolos Flúvicos. Foi possível observar que grupos de solos mais desenvolvidos apresentaram um relacionamento significativo entre a CTC e a Matéria Orgânica, conforme indicam as Figuras 27 e 28.

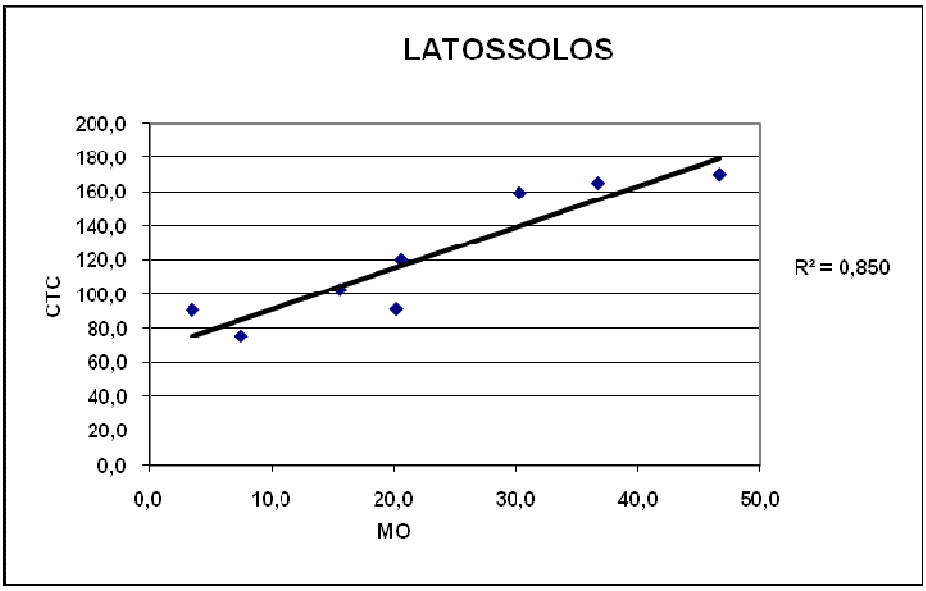


Figura 27. Regressão linear entre MO (g/kg) e CTC (mmolc/dm^3) em amostras superficiais de Latossolos

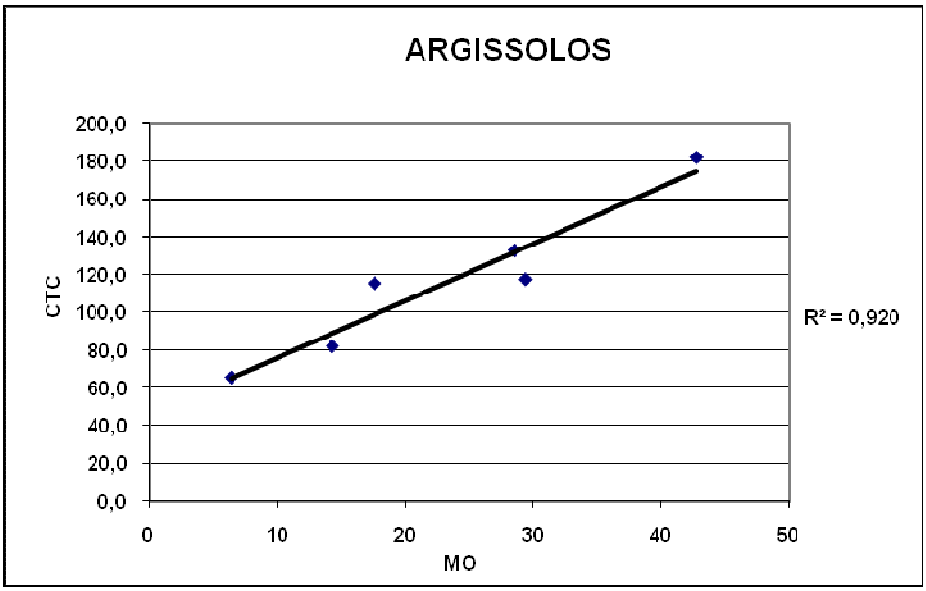


Figura 28. Regressão linear entre MO g/kg e CTC(mmolc/dm$^{3)}$em amostras superficiais de Argissolos.

Foi possível observar que, em geral ocorre o declínio dos teores de matéria orgânica em profundidade e incremento da ação dos elementos coloidais como a argila nos solos amostrados, especialmente para as os solos mais estáveis e desenvolvidos, caso dos Latossolos e Argissolos. Esta interação tende a estabelecer um equilíbrio dinâmico, refletindo em uma rica cadeia de interações ecológicas. Mas evidencia uma relação de alta vulnerabilidade, principalmente pelo reduzido campo de ação dos produtos do intemperismo da matéria orgânica ao longo de cada perfil. Sendo assim, o aporte de sedimentos tende a se tornar o principal fator para manutenção da fertilidade a escalas de tempo e espaço maiores.

A intensa variabilidade dos materiais que compõem os grupos de solos mais incipientes no estágio de desenvolvimento pedológico, bem como o baixo nível de mineralização da Matéria Orgânica em suas amostras superficiais, resultou em uma baixa significância de relacionamento para as duas variáveis CTC e MO, para grupo de solos classificados em Neossolos Flúvicos, conforme mostra a análise de regressão linear da Figura 29.

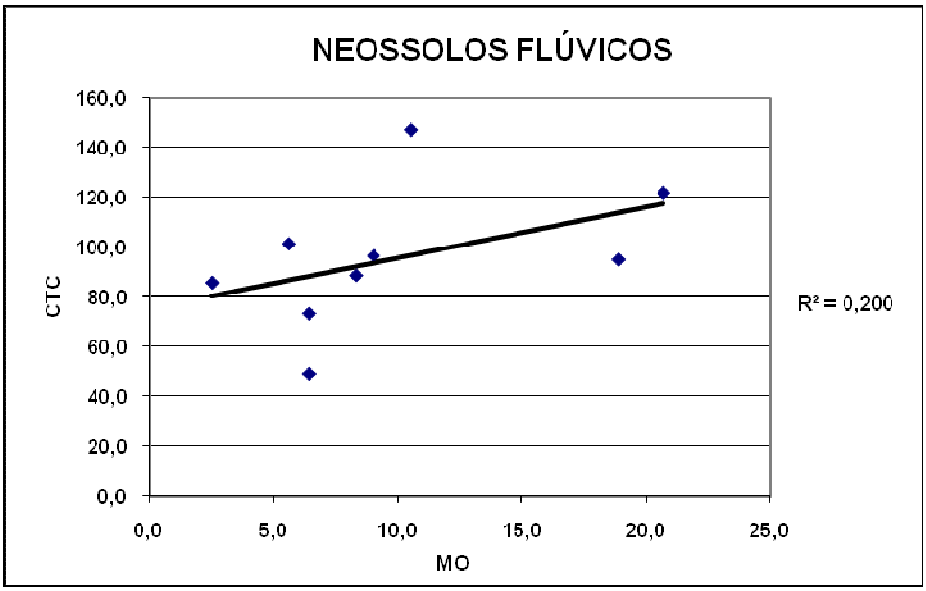


Figura 29. Regressão linear entre MO (g/kg) e CTC (mmolc/dm$^{3)}$ em amostras superficiais de Neossolos

Amostras superficiais de todas as classes de solos identificadas foram analisadas por meio de agrupamento – Cluster no programa de análises estatísticas Systat 9.0. A análise das amostras por meio da distância Euclidiana resultou na classificação de três grandes grupos (Figura 31):

- 1º grupo (verde escuro): a maior parte dos pontos amostrais corresponde as amostras de solo com baixa fertilidade natural, onde parâmetros como acidez, alumínio trocável e percentual de saturação por alumínio são preponderantes.
- 2º grupo (verde médio): são identificadas em grande parte, as amostras com alta fertilidade natural, com altos valores de pH, soma de bases trocáveis e maiores teores de matéria orgânica.
- 3º grupo (verde claro): houve uma grande heterogeneidade em termos de classes de solo e fertilidade, no entanto houve preponderância de dois aspectos, todas as amostras correspondem a ambientes sujeitos a inundação, há grande expressão da classe Plintossolo.

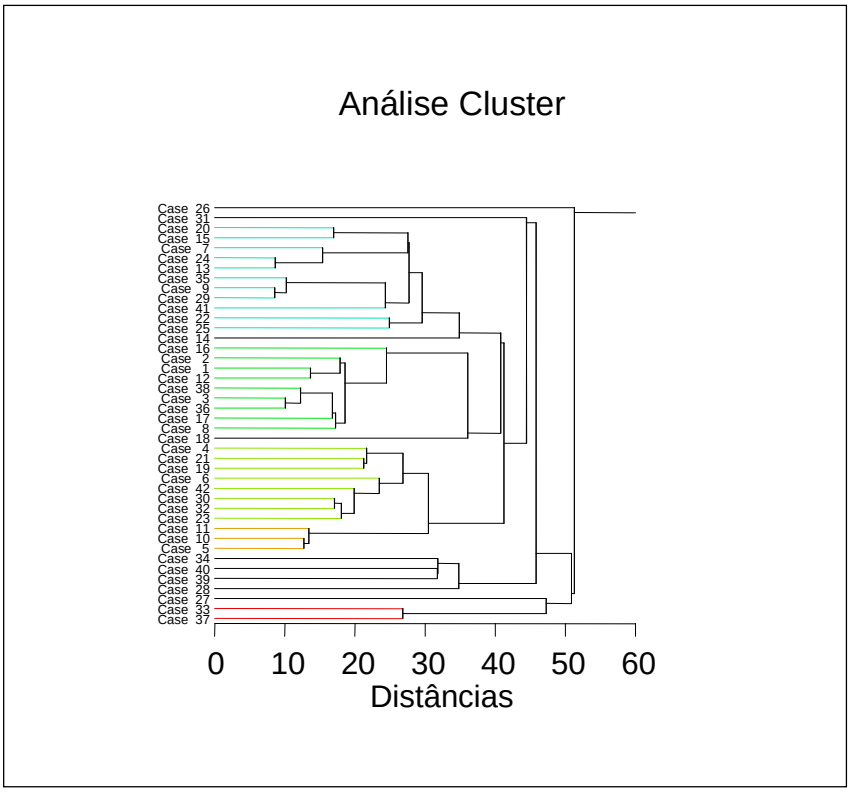
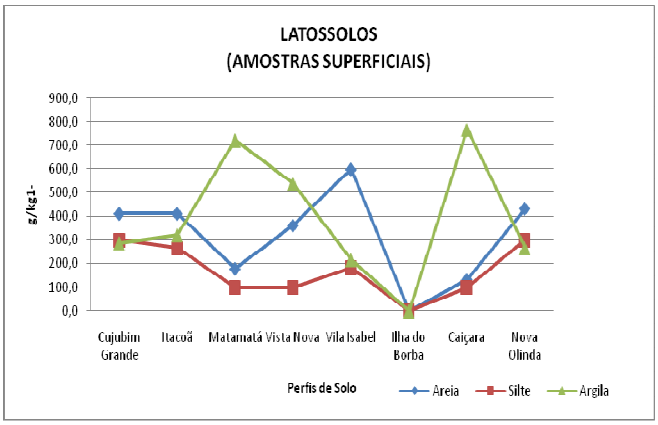


Figura 30. Similaridade entre as amostras dos solos da planície fluvial do Rio Madeira

8.4 ASPECTOS DA VARIABILIADE GRANULOMÉTRICA E ESTIMATIVAS DE IMPACTOS

Os resultados da análise granulométrica foram dispostos de modo as representar a variação dos valores das frações físicas dos Perfis de Solo nos horizontes superficiais (Figuras 31, 33, 35) e subsuperficiais (Figuras 32, 34, 36) para três Classes de Solos diferenciadas quanto à sua pedologia: Latossolos, Argissolos e Neossolos Flúvicos.

Os Perfis classificados em Neossolos Flúvicos apresentaram em sua composição física, maior proporção da fração areia tanto em superfície, quanto nos horizontes subsuperficiais. Resultado que remete à classificação granulométrica arenosa, indicando haver naturalmente, elevada friabilidade da composição física, o que os torna altamente vulneráveis à erosão. Os sedimentos finos (silte + argila) são preponderantes nos perfis mais desenvolvidos, classificados por Latossolos. Os Argissolos concentraram percentuais elevados de areia em seus horizontes superficiais, com nítida percolação de argilo-minerais para as camadas subsuperficiais, processo que distingue esta classe de solos pela formação dos “horizontes B texturais”.



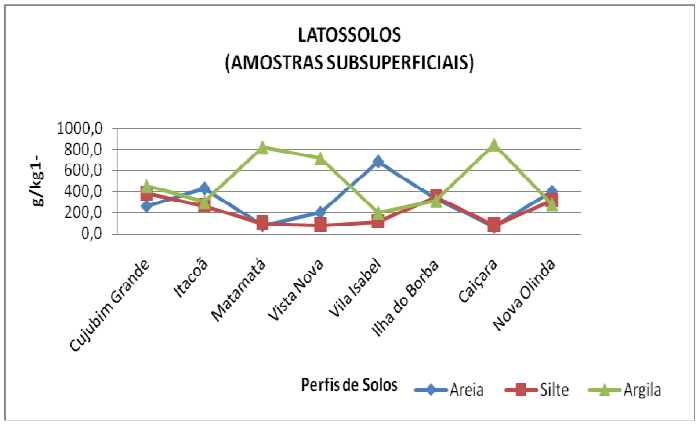
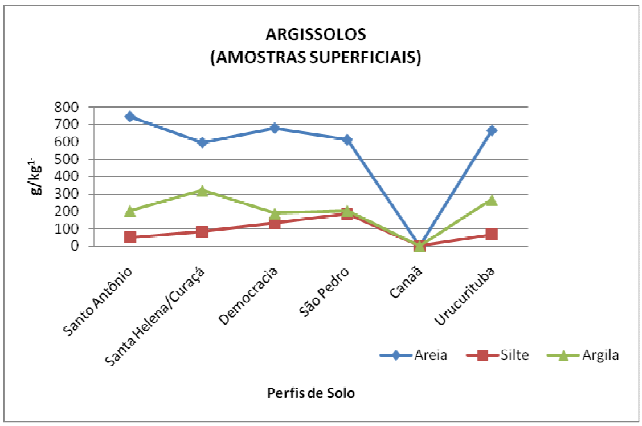


Figura 31 e 32 – Variação das frações nas amostras superficiais e subsuperficiais dos Latossolos



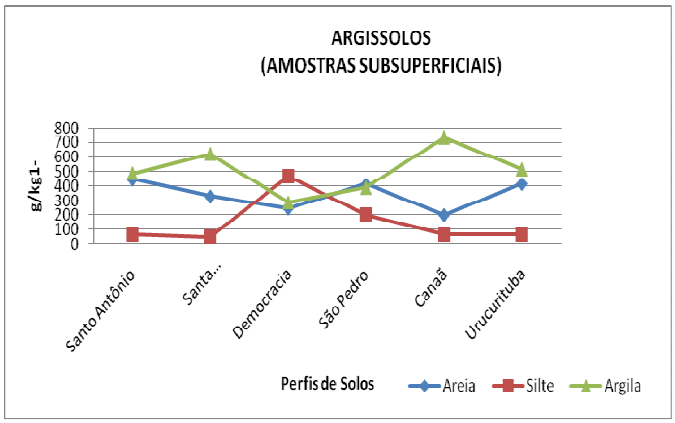
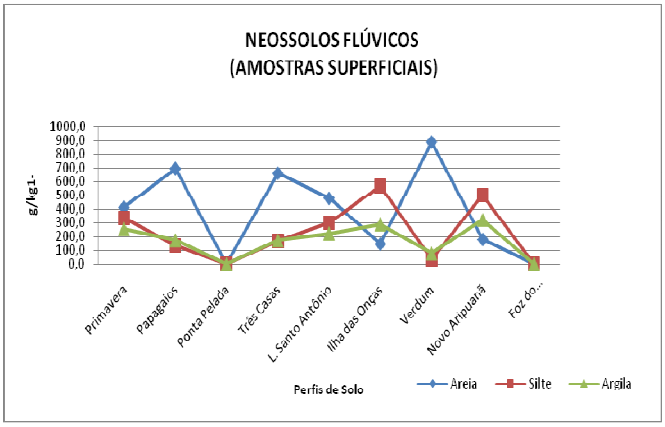


Figura 33 e 34 – Variação das frações nas amostras superficiais e subsuperficiais dos Argissolos



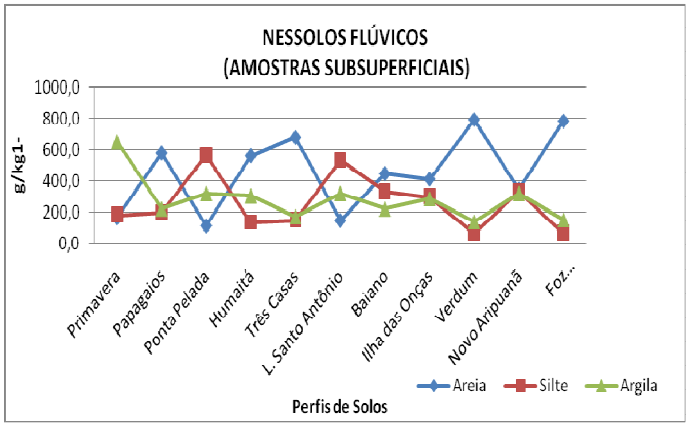


Figura 35 e 36 – Variação das frações nas amostras superficiais e subsuperficiais dos Neossolos Flúvicos

Considerando que a composição física e química dos solos analisados acima apresenta relação direta com os processos hidrossedimentológicos do Rio Madeira, faz-se pertinente incorporar à presente discussão, as estimativas produzidas pelo EIA do empreendimento, bem como suas respectivas análises de viabilidade no processo de licenciamento, no que tange à retenção de sedimentos a partir do surgimento do resertvatório. Segundo a discussão de Latrubesse *et. al*. (2005), a interferência antrópica por meio da construção de barragens em sistemas fluviais como o Rio Madeira, intervém no suprimento de nutrientes e no pulso sazonal das cheias e das vazantes. O mesmo autor cita como referência os dados de retenção de sedimentos para represas do Rio Paraná superior, a qual retém atualmente valores estimados entre 60 a 80 % da carga sedimentar de fundo. Já na bacia do Rio Tocantins, há estimativa de 80 % de retenção de sedimento de fundo para cada barragem construída.

A avaliação do assoreamento dos reservatórios das hidrelétricas constante no Parecer Técnico do IBAMA Nº 014 de 2007 (*Processo de Licenciamento Ambiental das Hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau Nº 02001.003771/2003-25*) destaca que, segundo o Estudo Impacto Ambiental – EIA, a eficiência de retenção de sedimentos nestes reservatórios, no período inicial de funcionamento da Hidrelétrica de Santo Antônio resultará na retenção de 20 % dos sedimentos transportados e que 80% do aporte de sedimentos passará pelo órgão de descargas. Para o reservatório de Jirau, o EIA, estima que no primeiro ano de retenção, os valores sejam equiparados aos da barragem de Santo Antônio, tendo como referencial o reservatório operando na cota de 90,00 metros. Mas com o nível de água médio operando em torno de 87,00 metros, a

porcentagem de retenção cai e fluxo de transporte de sedimentos, substancialmente de granulometria fina, cresce até a marca de 91,5 %.

Ainda de acordo com o Parecer Técnico Nº 014/IBAMA, o EIA das hidrelétricas, apresenta estimativas bastante otimistas, quando infere que os dois reservatórios atingirão retenção de sedimentos nula aos 28 a 22 anos de operação, momento em que tenderão à estabilização. Estes dados sustentam a defesa de que a retenção dos sedimentos atingirá um nível zero.

Para jusante, o referido parecer infere que o represamento, por reter parte do fluxo de sedimento, liberará energia no sistema, resultando em recorrentes processos de erosão das margens do rio a jusante e re-alocação desses sedimentos, o que da mesma maneira tende a alterar a dinâmica morfológica e pedológica dos solos, bem como intensificar o fenômeno das "terras caídas", erosão natural das margens do rio em função do processo de conformação de seu leito. Ainda segundo a análise do EIA das hidrelétricas elaborado por Tucci (2007), os estudos não respondem de maneira satisfatória, as lacunas de previsões de impactos para jusante, apesar de inferir que estas lacunas de informações não inviabilizam o empreendimento.

De acordo com os dados físicos e químicos dos solos analisados neste trabalho, estima-se que uma das principais alterações imediatas para jusante das hidrelétricas se dará na realocação dos materiais físicos de maior erodibilidade, presentes nos solos de textura arenosa, identificados principalmente nos solos mais jovens ao longo do Rio.

CONCLUSÃO

1) Solos amostrados entre Porto Velho-RO e Humaitá-AM: há quatro perfis com baixa fertilidade natural, sendo eles correspondentes às classes de solo: Latossolos nos perfis 1 e 2, Plintossolo no perfil 6 e Neossolo Flúvico no perfil 10. Ao todo, 60% dos perfis de solo foram classificados como eutróficos. Os valores de CTC e textura apresentam variação, refletindo a diversidade de materiais depositados (orgânicos e inorgânicos) na formação desses solos ou ainda, estádios diferentes de composição dos resíduos orgânicos. A contribuição da Matéria Orgânica para a capacidade de troca de cátions foi significativa nestes solos somente para os horizontes superficiais, em contra partida, a maior atividade do colóide argila foi identificado em profundidade (horizontes subsuperficiais), sendo destacado o perfil 6 (Cavalcante) com Plintossolo. A Capacidade de Troca Catiônica apresentou alta variabilidade, sendo produto da relação entre os sedimentos finos e os colóides orgânicos.

2) Solos amostrados entre Humaitá e Novo Aripuanã-AM: 39,1% de perfis apresentam baixa saturação de bases [V%]. No total, 56,5% dos perfis estudados foram classificados em eutróficos e 4,3% em mesotróficos. As classes de solos de formação sob influência do regime de inundação (ambiente de várzea), especialmente os Neossolos Flúvicos e Cambissolos apresentam em sua maior parte, alto V% (eutróficos). Os valores da CTC dos perfis foram relativamente baixos, de acordo com a natureza mineral da argila (predominância da caolinita e sesquióxidos), assim como dos baixos teores de MO. Os perfis 15, 16, e 18, apresentam um caráter especial com relação à sua constituição física, com altas porcentagens da fração areia nos horizontes superficiais e subsuperficiais, sob ação de processos erosivos.

3) Análise geral do solos amostrados na área de estudo: a fertilidade natural dos Neossolos Flúvicos é alta na faixa de várzea do Rio Madeira, em função do V% apresentar valores acima de 65% nos perfis de solo amostrados. O relacionamento entre as variáveis Matéria Orgânica e Capacidade de Troca Catiônica se mostrou significativo para as amostras superficiais de solos com pedologia mais desenvolvida, caso dos Latossolos e Argissolos. A contribuição da matéria orgânica para a capacidade de troca de cátions não apresentou significância para os horizontes superficiais dos perfis classificados em Neossolos

Flúvicos. Os impactos previstos para jusante das Hidrelétricas, que estão associados à retenção de sedimentos a montante das barragens, provavelmente apresentarão maior incidência na erosão de materiais friáveis a jusante, caso dos perfis de solos de granulometria com tendência arenosa, encontrada especialmente nos solos mais jovens ao longo da planície do Rio Madeira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do presente estudo, foi possível realizar um extenso levantamento dos principais aspectos que condicionam a formação dos solos na planície fluvial do Rio Madeira. Os resultados passam então a contribuir como fonte de dados primários na forma de um banco de dados georreferenciado, composto por propriedades físicas, químicas e físico-químicas de solos tropicais da Amazônia.

Ao relacionar estes aspectos, foi possível evidenciar que a morfogênese do relevo fluvial está diretamente relacionada ao desenvolvimento dos solos do Baixo Rio Madeira e que, por tal interação, está submetido a influência dos parâmetros hidrobiogeoquímicos deste Rio, bem como dos seus rios formadores de origem Andina.

As externalidades ambientais negativas geram reações cumulativas ao longo do espaço e tempo e neste sentido, os impactos previstos relacionados principalmente às alterações dos sedimentos do Rio Madeira, constantes nos Estudos de Impacto Ambiental das Hidrelétricas do Alto Madeira não expõe de maneira satisfatória as conseqüências para jusante a médio e longo prazos.

Salienta-se que, este hidrossistema aberto alimenta uma rica cadeia de organismos vivos, dos mais simples aos mais complexos, onde o homem encontra-se no topo da cadeia, como agente transformador do meio. Neste contexto, a previsão dos riscos ambientais relacionados a construção dos barramentos no Alto Rio Madeira devem orientar para que os estudos de impacto sejam ampliados, de modo a incorporar diferentes escalas de análise do espaço e variáveis ambientais, ampliando – se a área de entorno para jusante e incorporando estudos específicos sobre a relação entre o rio e a formação dos solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU Jr. C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F. Relationship Between Acidity and Chemical Properties of Brazilian Soils. Scientia Agricola, v.60, n.2, p.337-343, Abr./Jun., 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v60n2/15337.pdf>. Acesso em: 13 de jan. de 2007.

AB'SABER, Aziz Nacib. Bases Conceptuais e Papel do Conhecimento na Previsão de Impactos. *In*: Previsão de Impactos. MULLER-PLANTENBERG, Clarita; AB'SABER, Aziz Nacib (Orgs.). 2. ed. São Pulo: EDUSP, 1998.

AHIMOC, Relatório de Monitoramento da Hidrovia do Madeira, 2002. Disponível em: http://www.ahimoc.com.br/download/Monitoramento_Ambiental_da_Hidrovia_do_Madeira.pdf. Acesso em: 29 de mar de 2006.

ALFAIA, Sônia Sena. Correlação entre a Capacidade de Troca de Cátions e Outras Propriedades de Três Solos da Amazônia Central. *In:* Acta Amazônica, 18 (3-4): (3-11), 1988.

ART, Henry W. Dicionário de Ecologia e Ciências Ambientais. 2. ed. São Paulo: UNESP/Companhia Melhoramentos, 2001. 583 p.

BASTOS, W. R. Ocorrência ambiental do mercúrio e sua presença em populações ribeirinhas do Baixo Rio Madeira - Amazônia. Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2004. 113p.

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

BRASIL, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Procedimentos Normativos de levantamentos Pedológicos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 1995. 101p.

BRASIL, Companhia Docas do Maranhão / Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental. Plano de Controle Ambiental da Hidrovia do Madeira. Porto Velho: CODOMAR / AHIMOC, 1996.

BRASIL. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos. – 2. ed., 1997.

BRASIL, Relatório Final dos Corredores Estratégicos de Desenvolvimento. Brasília: GEIPOT, 1999a.

BRASIL. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Solos, 1999b.

BRASIL, Metodologia de Desenvolvimento para Subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico. São José dos Campos: INPE, 2000.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Projeto de Gestão Integrada do Amazonas: Zoneamento ecológico-econômico do vale do rio Madeira, área sudeste-sul. CPRM, 2001.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais Técnicos em Geociências - Nº 1. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro, 1992.

CASSETI, Valter. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo: Contexto, 1991.

CAVALCANTE, M. M. de A. Transformações Territoriais no Alto Rio Madeira: hidrelétricas, tecnificação e re (organização). (Dissertação de Mestrado). Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Rondônia. 2008

CIOTTA, M. N.; BAYER, C. ; FONTOURA, S. M. V. ; ERNANI, P. R. ; ALBUQUERQUE, J. A.. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. *In*: Ciência Rural, v. 33, n. 6, p.1161-1164. Santa Maria, 2003.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COELHO, A. L. N. Geomorfologia Fluvial de Rios Impactados por Barragens. *In*: Revista Caminhos da Geografia. Vol. 9, n. 26, p. 16 – 32, 2008. Disponível em: http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html. Acesso em: 04 de setembro de 2008.

CRESPO, Antônio Arnot. Estatística Fácil. 17 ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

DANA, James D. Manual de mineralogia. Rio de Janeiro: S. A., 1984.

DECHEN, Antonio Roque ; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Elementos Essenciais e Benéficos às Plantas Superiores. In: FERNANDES, Manlio Silvestre (editor). Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

DEMATTÊ, J. L. I. Manejo de Solos Ácidos dos Trópicos Úmidos, Região Amazônica. Campinas: Fundação Cargill, 1988.

FONTES, M. P. F.; CAMARGO, O. A. de; SPOSITO, G. Eletroquímica das Partículas Coloidais e sua Relação com a Mineralogia de Solos Altamente Intemperizados. Scientia Agricola, v58, n.3, p.627-646, jul./set, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v58n3/a29v58n3.pdf> Acesso em: 03 de ago. 2007.

FEARNSIDE, Philip M. & LAURANCE, William F. O Futuro da Amazônia: os impactos do Programa Avança Brasil. *In*: Ciência Hoje. Vol 31. Nº 182. 2002.

FILIZOLA JÚNIOR, N. P. O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Bacia Amazônica brasileira. Brasília, DF: ANEEL, 1999.

FILHO, P. W. M. E S. ; QUADROS, M. L. DO E. S. ; SCANDOLARA, J. E. ; FILHO, E. P. DA S. ; REIS, M. R. Compartimentação Morfoestrutural e Neotectônica do Sistema Fluvial

Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia-Brasil. *In*: Revista Brasileira de Geociências 29(4):469-476, 1999.

FURNAS, Centrais Elétricas S/A. Estudo de Impacto Ambiental – EIA, 2005.

GAILLARDET, Jérôme ; DUPRÉ, Bernard ; ALLÈGRE, Claude J. ; NÉGREL Philippe. Chemical and physical denudation in the Amazon River Basin. In: Chemical Geology. 142. 141-173. Elsevier Science, 1997.

GOLLEY, F.B. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida; tradução de Eurípides Malavolta. São Paulo: EPU. ED. Da Universidade de São Paulo, 1978.

GUYOT, Jean Loup; JOUANNEAU, Jean Marie ; WASSON, Jean Gabriel. Characterisation of river bed and suspended sediments in the Rio Madeira drainage basin (Bolivian Amazonia). *In*: Journal of South American Earth Sciences, 12. 401:410. Elsevier Science , 1999.

GODBOUT, J. T.: Introdução à Dádiva. In: RBCS Vol. 13, nº 38, out./1998, pp. 39-51.

GOEDERT, W. J. (editor). Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1985.

GOLDEMBERG, José. Energia no Brasil e no Mundo. *In*: Política Energética e Crise de Desenvolvimento. Adriano Murgel Branco (org.). São Paulo: Paz e Terra, 2002.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA S. B. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

HIBAm, Hidrologia da Bacia Amazônica. Relatório da terceira campanha de medições de vazão e amostragem de água na bacia do rio Madeira e rio Amazonas. Brasília: HIBAm, 1995. Disponível no site: www.ana.gov.br/hibam.

HIBAm, Hidrologia da Bacia Amazônica. Relatório da 11ª campanha de medições de vazão e amostragem de água nas bacias do rio Madeira, Branco e no rio Solimões/Amazonas. Brasília: HIBAm, 1998. Disponível no site: ~]www.ana.gov.br/hibam.

IBAMA, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Parecer Técnico Nº 014 - COHID/CGENE/DILIC/IBAMA. Processo de Licenciamento da AHE de Santo Antônio e AHE de Jirau n°: 02001.003771/2003-25, Brasília, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. Manuais Técnicos em Geociências Nº 4: Manual Técnico de Pedologia. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2007.

IGEO, Instituto de Geociências da UFRJ . Cartograma da Hidrovia do Madeira - Eixo Extremo-Oeste de Desenvolvimento. Disponível em: www.igeo.ufrj.br/fronteiras/mapas/mapredes.htm

Acesso em: 18 de Nov de 2007.

JORGE, J. A. Física e manejo de solos tropicais. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.

JUNK, Wolfgang. J. ; BAYLEY Peter B. ; SPARKS, Richard E. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. p. 110-127. In: Dodge, D. P. (ed.). Proceedings of the international Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 1989.

JUNK, W. J. ; MELLO, J. A. S.. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na Bacia Amazônica brasileira. *In*. Revista Estudos Avançados, 4(8):127-143, 1990.

KOHLHEPP, Gerd. Grandes Projetos de Barragem no Brasil: problemas ecológicos e sócio-econômicos. *In*: Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, v. 1, n. 1, 50-61, jan/abr, 1999.

LATRUBESSE, Edgardo M. ; FRANZINELLI, Elena. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. In: Geomorphology, 44. 241–257. Elsevier Science B.V., 2002.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J.C. e SINHA, R. Grandes sistemas fluviais tropicais: uma visão geral. *In*: Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 6, Nº 1, 01-18, 2005.

LARCHER, Walter. Ecofisiologia Vegetal. São Carlos-SP: Rima, Tradução: Carlos Henrique B. A. Prado e Augusto C. Franco, 2000.

LEMOS, R. C. & SANTOS R. D. dos. Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo. Campinas: SBCS, 1996.

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

LIMA, H. N. ; MELLO, J. W. V. de; SCHAEFER, C. E. G.R., KER ; J. C. ; LIMA, A. M. N. . Mineralogia e Química de Três Solos de uma Topossequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental *In*: Revista Brasileira de Ciências do Solo, 30:59-68, 2006.

LUCHESE, E. B. , FAVERO, L. O. B. , LENZI, E. Fundamentos da Química do Solo. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002.

MASON, C. F. Decomposição. São Paulo: EPU: Ed da Universidade de São Paulo, 1980.

MACEDO, Zilton Luiz. Os limites da economia na gestão ambiental. *In*: Margem, São Paulo, Nº 15, p. 203-222, jun. 2002.

MANYARI, W. V. Impactos Ambientais a Jusante de Hidrelétricas: o caso da usina de Tucuruí, PA. (Tese de Doutorado). Pós-graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

MAUSS, Marcel. "Ensaio sobre a dádiva". *In* Sociologia e Antropologia. São Paulo: Cosac & Naify, 2003.

MOREIRA, A. e COSTA, D. G. Dinâmica da Matéria Orgânica na Recuperação de Clareiras da Floresta Amazônica. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Vol.39 no.10. Brasília, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n10/22323.pdf. Acesso em: 02 de set. de 2004.

MEIRA, J. M. L. "Argilas: o que são, suas propriedades e classificações." Comunicação técnica. 2001. Disponível em: http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA_com09.pdf> Acesso em: 24 de set. 2006.

MINGOTI. Sueli Aparecida. Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: Uma Abordagem Aplicada. Ed. UFMG, 2005.

MOLINIER, M. ; GUYOT, J.L. ; DE OLIVEIRA, E. ; GUIMARAES, V. & CHAVES, A. Hydrologie de Bassin de l'Amazone. In: Grands Bassins Fluviaux Priatlantiques. Proceedings of the PEGIINSU- CNRS-ORSTOM Symposium. Orstom Editions, Paris, pp. 335-345. 1993.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

NUNES, D. D. Hidrovia do Madeira: (Re) configuração espacial, integração e meio ambiente. Tese de Doutorado em Ciências: desenvolvimento sócio-ambiental. Belém: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos – NAEA, 2004.

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

RAIJ, B. Van ; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H. Cantarella. (Org.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.

RESENDE, M. Pedologia. Viçosa: Oficinas Gráficas da Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1982.

RESENDE, Mauro; CURI, Nilton; REZENDE, Sérvulo Batista de; CORRÊA, Gilberto Fernandes. Pedologia: base para distinção de ambientes. 3. ed. Viçosa:NEPUT, 1999. 338p.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. *In*: O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado. Editado por V. A. V. H. ; FONTES, L. E. F. ;
FONTES, M. P. F. Viçosa, 1996.

RONDÔNIA, Ministério Público do Estado de Rondônia. Relatório de Análise do Conteúdo dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau, no Rio Madeira, Estado de Rondônia. Revisão 1. Cobrape – Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos. 2006.

SCHAEFER, C. E. R. ; LIMA, H. N. ; JUNIOR, J. F. do V. ; MELLO, J. W. V. de. Uso dos Solos e Alterações da Paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. *In*: Série Ciências da Terra 12, 2000.

SCHUMPETER, J. A teoria do desenvolvimento econômico, caps. 1 e 2. *In*: *Os Economistas*, Rio de Janeiro, Abril Cultural, 1982.

SILVA, L. F. da. Solos Tropicais: Aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo: Terra Brasilis, 1995.

SIOLI, H. Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. Petrópolis: Vozes, 1991.

SUGUIO, Kenitiro. Geologia Sedimentar. São Pulo: Edgard Blucher, 2003.

TRICART, Jean. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TUCCI, Carlos E. M. Análise dos Estudos Ambientais dos Empreendimentos do Rio Madeira. *Atualização após respostas da Consultora.* Processo de Licenciamento da AHE de Santo Antônio e AHE de Jirau n°: 02001.003771/2003-25, 2007.

VALE F. R. do; GUILHERME, L. R. G. ; GUEDES, G. A. de A. ; NETO, A. E. F. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.

VIEIRA, L. S. Manual da Ciência do Solo. São Paulo: Ed Agronômica Ceres, 1975.