



**MUDANÇA NO USO DA TERRA E SEU EFEITO NO SOLO NA
REGIÃO DE FLORESTA NO ESTADO DE RORAIMA**

ARNOLDO MARCÍLIO GONÇALVES DOS SANTOS

TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**MUDANÇA NO USO DA TERRA E SEU EFEITO NO SOLO NA
REGIÃO DE FLORESTA NO ESTADO DE RORAIMA**

ARNOLDO MARCÍLIO GONÇALVES DOS SANTOS

ORIENTADOR: ALCIDES GATTO

TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.TD - 067/2016
BRASÍLIA/DF: JUNHO - 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

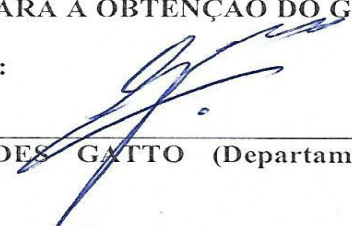
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

“MUDANÇA NO USO DA TERRA E SEU EFEITO NO SOLO NA REGIÃO DE
FLORESTA NO ESTADO DE RORAIMA”


Arnoldo Marcílio Gonçalves dos Santos

TESE DE DOUTORADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR.


APROVADA POR:




Profº Dr. ALCIDES GATTO (Departamento de Engenharia Florestal –
EFL/UnB);
(Orientador)




Profº Dr. JOSÉ FRANCISCO GONÇALVES JÚNIOR (Departamento de Ecologia
– ECL/UnB);
(Examinador Externo)



Profº Dr. MAURO ELOI NAPPO (Departamento de Engenharia Florestal –
EFL/UnB);
(Examinador Interno)



Dra. CINTIA CARLA NIVA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
EMBRAPA);
(Examinadora Externa)



Dra. SÔNIA SENA ALFAIA (Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia –
INPA);
(Examinadora Externa)

Profº Dr. ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI (Departamento
de Engenharia Florestal – EFL/UnB);
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 16 de junho de 2016.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília.

Acervo

SSA237 Santos, Arnaldo Marcílio Gonçalves
m Mudança no uso da terra e seu efeito no solo na região de floresta no estado de Roraima / Arnaldo Marcílio Gonçalves Santos; orientador Alcides Gatto. - Brasília, 2016.135 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, 2016.

1. Fertilidade do solo. 2. Mesofauna. 3. Sistemas de uso da terra. 4. Sistema agroflorestal.. I. Gatto, Alcides, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, A. M. G. 2016. **Mudança no uso da terra e seu efeito no solo na região de floresta no estado de Roraima**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL. TD - 067/2016, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 135 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Arnaldo Marcílio Gonçalves dos Santos.

TÍTULO: Mudança no uso da terra e seu efeito no solo na região de floresta no estado de Roraima

GRAU: Doutor ANO 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Arnaldo Marcílio Gonçalves dos Santos
arnoldomarcilio@hotmail.com

*Dedico à minha família pelo apoio e incentivo durante o trabalho;
em especial, à minha mãe e aos meus filhos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho com sua presença; pela saúde e pela perseverança;

Ao professor Dr. Alcides Gatto, pelos ensinamentos, pela atenção dispensada e paciência;

Ao professor Dr. Mauro Elloy Nappo, pelo encaminhamento inicial do trabalho e atenção dispensada;

Ao professor Dr. José Francisco Gonçalves Júnior, pelas relevantes contribuições;

À Dra. Cíntia Carla Niva, por suas relevantes contribuições;

À Universidade Federal de Roraima, em especial, à direção da Escola Agrotécnica da Universidade Federal de Roraima - EAgro, pelo apoio e liberação;

Aos colegas docentes, técnicos administrativos e discentes da EAgro, pelo apoio;

Ao colega e amigo Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo, pela colaboração na identificação dos perfis do solo, pelo apoio e aconselhamentos;

À Embrapa – Roraima, pela permissão para executarmos nosso trabalho na Estação Experimental Confiança; em especial, ao Chefe-Geral Dr. Ottoniel Duarte, ao pesquisador Dr. Edvan Alves Chagas, ao técnico Mário Etevaldo Pereira Coelho, e ao auxiliar de campo Paulo Deters, que não mediram esforços para contribuir com a pesquisa;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, pelo apoio na realização das análises químicas, físicas e biológicas;

À Dra. Elisiana Oliveira, pela sua relevante contribuição ao trabalho; em especial, na triagem e caracterização de Collembola;

À Dra. Sônia Sena Alfaia, pela sua relevante contribuição nas análises químicas do solo;

À Dra. Rosalee Albuquerque Coelho Netto, pela relevante contribuição e incentivo;

Aos técnicos do Laboratório Temático de Solos e Plantas do INPA, Edivaldo Chaves, Laura Cristina Oliveira e Roberta Kelly Silva;

À Maria Lúcia Paula Pinheiro, do Lab. De invertebrados do INPA, pela separação da mesofauna;

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade de Brasília e aos funcionários da Secretaria e da Biblioteca pela colaboração;

A todos os meus familiares, pelo apoio e incentivo durante o trabalho;

Às pessoas amigas que contribuíram com motivação e conselhos, minha profunda gratidão.

MUITO OBRIGADO!

"A natureza não faz milagres; faz revelações."

Carlos Drummond de Andrade

MUDANÇA NO USO DA TERRA E SEU EFEITO NO SOLO NA REGIÃO DE FLORESTA NO ESTADO DE RORAIMA

RESUMO

A definição do uso e do manejo sustentável dos solos depende de suas propriedades físicas, químicas e biológicas. O monitoramento de mudanças nessas propriedades permite a avaliação de alterações na qualidade do solo. Este trabalho, realizado no Campo Experimental Confiança – Embrapa/RR, teve por finalidade avaliar o efeito dos diversos sistemas de uso da terra, implantados na região de floresta, no estado de Roraima, nas variáveis físicas, químicas e biológicas do solo, tendo a floresta nativa como testemunha. Foram avaliados solos de oito sistemas de uso da terra, coletados em parcelas de 50 x 50 m em áreas de Floresta nativa (FLO), Capoeira (CAP), Floresta Plantada com *Acacia mangium* (SFP), Sistema Agroflorestal com Baixo Insumo (SA1), Sistema Agroflorestal com Alto Insumo (SA2), Pastagem Manejada (PA1), Pastagem Alterada (PA2) e Cultivo de Pupunha (PUP). Para coleta das amostras de solo foi estabelecido, em cada parcela, um transecto na diagonal do terreno, onde foram determinados quatro pontos amostrais distante 10 m um do outro ao longo do transecto. Em cada ponto, o solo foi coletado com um trado nas profundidades de 0 - 5 cm, 5 - 10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 30 cm, 30 - 40 cm e 40 - 60 cm, no período de outubro de 2013 a junho de 2014. Determinaram-se, em cada amostra: densidade, porosidade, textura, pH; teores de N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, C, MO; e calcularam-se: acidez potencial, capacidade de troca catiônica efetiva, saturação por bases e saturação por alumínio. Outras cinco amostras foram para as análises biológicas nos mesmos transectos, distante oito metros uma da outra, nos meses de janeiro e agosto de 2014, que correspondem às estações seca e chuvosa na região, respectivamente. As amostras para análises biológicas (solo e serapilheira) foram coletadas com o auxílio de uma sonda de 7 x 7 cm, introduzida no solo a 5 cm de profundidade. A mesofauna foi separada do solo utilizando-se funil de Berlese-Tullgren. Os dados das análises físicas e químicas foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. A mesofauna foi separada em grupos taxonômicos; e foram calculados os índices de diversidade de Shannon e de uniformidade de Pielou. As principais variáveis foram submetidas à análise de componentes principais, complementada com análise de agrupamento. Para todas as variáveis estudadas, as maiores variações foram observadas na camada superficial do solo. A densidade e a

porosidade tiveram comportamento inverso, com menores densidades nas camadas superficiais (0 – 5 cm e 5 – 10 cm), e com aumento da densidade à medida que se aumenta a profundidade dos solos sob o efeito do teor mais elevado da matéria orgânica. Não se observaram diferenças na textura dos solos nas diferentes profundidades e tratamentos. O solo sob PA2, em decorrência do intenso pisoteio do gado, apresentou a maior densidade entre os solos dos sistemas de uso da terra estudados. Para os sistemas de pastagem na região, a densidade e a porosidade do solo, variáveis diretamente relacionadas, representaram bons indicadores de qualidade. As diferenças nos teores de nutrientes, observadas entre os sistemas de uso da terra, foram decorrentes da incorporação de nutrientes via adubação mineral, ou à adição de matéria orgânica. O SA1 apresentou baixos teores de nutrientes, que podem ser limitantes para a produção sustentável. O pousio, realizado na PA1, não foi suficiente para diferenciá-lo em relação aos teores de nutrientes no solo da PA2. A mesofauna do solo apresentou alta diversidade de ordens entre os solos dos diferentes sistemas de uso da terra, com destaque ao solo sob PUP, que apresentou a maior diversidade e quantidade. A diversidade da mesofauna é uma variável que pode, potencialmente, diagnosticar a qualidade do solo. A comunidade da mesofauna mostrou-se sensível ao manejo da vegetação, com aumento progressivo da densidade de alguns grupos em relação aos estádios sucessionais. A época da coleta afetou a densidade, a distribuição espacial e a riqueza média da mesofauna tanto na estação seca quanto na chuvosa. A diversidade total da fauna foi similar nos solos sob os sistemas de usos da terra estudados; no entanto, a frequência e a diversidade de Collembola são potenciais bioindicadores da qualidade dos solos pela diversidade de espécies coletadas e suas atividades funcionais. As análises de componentes principais e de agrupamento permitiram formar três grupos de sistemas de uso do solo: sistemas florestais (FLO, CAP e SFP); sistemas agrícolas ou agroflorestais (PUP, SA1 e SA2) e pastagens (PA1 e PA2) com afinidades nas variáveis físicas, químicas e biológicas. A CAP, em estágio avançado de recuperação, assemelha-se à FLO, indicando a importância do pousio para a recuperação do solo em sistemas de produção na região. A SFP com *Acacia mangium* requer cuidados na estrutura ecológica do sistema com indícios de mal manejado com perda da diversidade. Os sistemas agrícolas ou agroflorestais agropecuários não são sustentáveis e necessitam adições regulares de corretivos de acidez e adubação. Os sistemas com pastagens (PA1 e PA2), apesar de serem os mais comuns na região, também não se mostraram sustentáveis, mesmo no

sistema manejado, com solos baixo nível nutricional para suporte de pastagem com carga animal.

Palavras-chave: Fertilidade do solo, Mesofauna, Sistemas de uso da terra, Sistema Agroflorestal.

CHANGE IN LAND USE AND ITS EFFECT ON SOIL IN THE FOREST REGION IN THE STATE OF RORAIMA

ABSTRACT

Soils use and sustainable management depends on their physical, chemical and biological properties. Monitoring changes in these properties enables the soil quality assessment. The present work conducted at Campo Experimental Confiança - Embrapa - RR, aims to evaluate the effect of the different land use systems, in the state of Roraima, on the physical, chemical and biological soil variables, compared to the natural forest. We evaluated soils samples collected in 50 x 50 m plots from eight different land use systems: Native Forest area (FLO), Secondary Forest (CAP), Planted Forest (SFP), Low Input Agroforestry System (SA1), High Input Agroforestry System (SA2), Managed Pasture (PA1), Degraded Pasture (PA2) and Pupunha heart cultivation (PUP). A diagonal transect was established in each plot, where four soil samples were collected. An auger was utilized at each site to collect soil samples from 0 - 5 cm, 5 - 10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 30 cm, 30 - 40 cm and 40 - 60 cm deep, from October 2013 to June 2014. In each sample we determined: density, porosity, texture, pH, N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, C, MO contents and calculated: potential acidity, effective CTC, saturation by bases and saturation by aluminum. Five other samples were for biological analysis in the same transect, eight meters apart from each other, in January and August 2014, which corresponded to the dry and rainy seasons, respectively. The samples for biological analyses (soil and litter) were collected with the aid of a 7 x 7 cm probe, introduced 5 cm deep into the soil. The mesofauna was separated from the soil utilizing a Berlese-Tullgren funnel. Physical and chemical analyses data were submitted to analysis of variance and means were compared by Scott-Knott test at 5 % probability. The mesofauna was separated into taxonomic groups and Shannon diversity and Pielou uniformity indexes calculated. The main variables were submitted to main components analysis, complemented with cluster analysis. The soil surface layer exhibited the highest values of the studied variables. The density and porosity have opposite behavior at lower densities in the surface layer (0 - 5, and a 5 - 10) and increased with increasing depth of the soil, due to its higher organic matter content. Distinct depths and treatments showed no soil texture differences. The soil under PA2, presented the highest density amongst the studied land use systems, due to the intense cattle trampling. The

directly related variables, soil density and porosity, showed to be good quality indicators for the region's grazing systems. The nutrient concentration differences observed among land use systems were due the nutrients incorporation, via mineral fertilizer or the addition of organic matter. The SA1 presented low nutrient concentration which may be limiting for sustainable production. The fallow held in PA1, showed not to be enough to differentiate it from PA2 in regards to the nutrient content in the soil. Soil mesofauna showed high order diversity between different land use systems soils, especially the one under PUP with the highest diversity and quantity. Mesofauna diversity shows to be a variable that can potentially, diagnose the quality of the soil. The mesofauna community showed to be sensitive to vegetation management, progressively increasing the density of some groups in relation to successional stages. Collecting time affected mesofauna density, distribution and mean richness both in dry and rainy season. Total fauna diversity was similar in soils under the studied land use systems, however, Collembola frequency and diversity are potential soil quality bioindicators on account of the collected species diversity and functional activities. Cluster and key components analyses enabled us to form three groups of land use systems: forestry systems (FLO, CAP and SFP); agricultural or agroforestry systems (PUP, SA1 and SA2) and pastures (PA1 and PA2) with physical, chemical and biological variables affinities. CAP at an advanced stage of recovery resembles forestry systems to FLO indicating the fallow's importance for the soil recovery in the production systems in the region. SFP, with *Acacia mangium*, requires cares to be taken with the ecological structure of the system, which exhibits diversity loss due to have evidence of badly management. The systems with agriculture or agroforestry and cattle raising are not sustainable and need limestone and chemical fertilizers additions. Systems with pastures (PA1 and PA2), despite being the most common ones in the region, showed not to be sustainable either, even in the managed system with low nutritional-level soils to raise healthy animals.

Keywords: Soil fertility, Mesofauna, Land use systems, Agroforestry system.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	xi
SUMÁRIO.....	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 SISTEMAS DE USO DA TERRA	4
2.1.1 Agricultura tradicional	4
2.1.2 Floresta primária	5
2.1.3 Capoeira ou floresta secundária	6
2.1.4 Sistemas agroflorestais	6
2.1.5 Floresta plantada	7
2.1.6 Pastagem.....	9
2.2 QUALIDADE DO SOLO	10
2.2.1 Qualidade física do solo	11
2.2.2 Qualidade química do solo	12
2.2.3 Qualidade biológica do solo	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 ÁREA DE ESTUDO	15
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE USO DA TERRA	17
3.2.1 Floresta primária	18
3.2.2 Capoeira ou mata secundária.....	19
3.2.3 Sistema de floresta plantada	21
3.2.4 Sistemas agroflorestais	22
3.2.4.1 Sistema agroflorestal de baixo insumo.....	23
3.2.4.2 Sistema agroflorestal de alto insumo	24

3.2.5 Cultivo de pupunheira/palmito.....	25
3.2.6 Pastagem manejada	26
3.2.7 Pastagem alterada.....	27
3.3 COLETAS E ANÁLISES	28
3.3.1 Descrição dos horizontes do solo	28
3.3.2 Biomassa e teor de nutriente na serapilheira	29
3.3.3 Análises físicas do solo	30
3.3.3.1 Densidade do solo	30
3.3.3.2 Porosidade total	31
3.3.3.3 Textura	31
3.3.4 Análise química do solo: pH, P, K, Ca ⁺² , Mg ⁺² , Al ⁺³ e C orgânico	32
3.3.5 Coleta e análises da mesofauna	33
3.3.6 Delineamento experimental e análise estatística dos dados	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 MORFOLOGIA DO SOLO	36
4.1.1 Floresta primária	36
4.1.2 Capoeira ou floresta secundária	37
4.1.3 Sistema de floresta plantada.....	38
4.1.4 Sistema agroflorestal de baixo insumo.....	39
4.1.5 Sistema agroflorestal de alto insumo	40
4.1.6 Cultivo de pupunheira	41
4.1.7 Pastagem manejada	42
4.1.8 Pastagem alterada.....	44
4.2 SERAPILHEIRA	45
4.2.1 Teor de nutriente na serapilheira	45
4.3 VARIÁVEIS FÍSICAS DO SOLO	48
4.3.1 Densidade e porosidade do solo	48
4.3.2 Textura do solo.....	52
4.4 VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO	55
4.4.1 Acidez do solo (pH, Al ³⁺ , H+Al e m)	55
4.4.2 Teores de nutrientes no solo (potássio, cálcio e magnésio trocável)	61
4.4.3 Teores de fósforo disponível.....	64

4.4.4 Soma de bases trocáveis e saturação por base e Capacidade de troca de cátion.....	66
4.4.5 Teor de matéria orgânica.....	71
4.5 VARIÁVEIS BIOLÓGICAS	75
4.5.1 Diversidade e densidade da mesofauna do solo	75
4.5.1.1 Diversidade e densidade na estação seca	76
4.5.1.2 Diversidade e densidade na estação chuvosa	78
4.5.2 Diversidade e densidade de Collembola	85
4.5.2.1 Diversidade e densidade de Collembola na estação seca.....	86
4.5.2.2 Diversidade e densidade de Collembola na estação chuvosa.....	88
4.6.1 Análise de componentes principais e de agrupamento hierárquico	90
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
6 CONCLUSÕES	99
REFERÊNCIAS	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do território do estado de Roraima.....	17
Figura 2 - Localização do Campo Experimental Confiança - Embrapa.....	18
Figura 3 - Imagens da floresta primária.....	19
Figura 4 - Imagens da capoeira ou mata secundária.....	20
Figura 5 - Imagens da floresta plantada com <i>Acacia mangium</i>	21
Figura 6 - Distribuição das espécies nos sistemas agroflorestais.....	22
Figura 7 - Imagem do sistema agroflorestal com baixo insumo.....	24
Figura 8 - Imagem do sistema agroflorestal com alto insumo.....	25
Figura 9 - Imagem do cultivo de pupunheiras.....	26
Figura 10 - Imagem da pastagem manejada.....	27
Figura 11 - Imagem da pastagem alterada.....	28
Figura 12 - Funis Berlese-Tullgren para coleta de invertebrados no solo.....	34
Figura 13 - Distribuição dos teores de argila, silte e areia.....	53
Figura 14 - Valores de saturação por alumínio trocável e acidez potencial.....	59
Figura 15 - Teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) trocáveis.....	63
Figura 16 - Índice de saturação por bases trocáveis (K , Ca^{2+} e Mg^{2+}).....	68
Figura 17 - Valores de carbono orgânico.....	72
Figura 18 - Distribuição das três maiores classes da mesofauna.....	76
Figura 19 - Distribuição das principais ordens taxonômicas da mesofauna.....	82
Figura 20 - Relação entre os componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2).....	90
Figura 21 - Dendograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição do perfil em solo de floresta.....	37
Tabela 2 - Descrição do perfil em solo de capoeira.....	38
Tabela 3 - Descrição do perfil em solo da floresta plantada.....	39
Tabela 4 - Descrição dos horizontes em perfil do solo do SA1.....	40
Tabela 5 - Descrição dos horizontes em perfil do solo do SA2.....	41
Tabela 6 - Descrição dos horizontes do perfil do solo de cultivo de pupunheira.....	42
Tabela 7 - Descrição dos horizontes em perfil do solo de pastagem manejada.....	43
Tabela 8 - Descrição dos horizontes do solo da pastagem alterada.....	44
Tabela 9 - Teores de nutrientes da serapilheira.....	46
Tabela 10 - Estoque de serapilheira.....	47
Tabela 11 - Densidade e porosidade dos solos.....	50
Tabela 12 - Valores da acidez ativa (pH).....	56
Tabela 13 - Teores de alumínio trocáveis (Al^{3+}).....	58
Tabela 14 - Teores de fósforo disponível.....	64
Tabela 15 - Teores de soma de bases trocáveis (SB).....	67
Tabela 16 - Teores da capacidade de troca catiônica (CTC).....	70
Tabela 17 - Teores de matéria orgânica (MO).....	73
Tabela 18 - Número de indivíduos da mesofauna/m ² na estação seca.....	77
Tabela 19 - Número de indivíduos da mesofauna/m ² na estação chuvosa.....	80
Tabela 20 - Número de indivíduos de Collembola na estação seca.....	86
Tabela 21 - Número de indivíduos de Collembola na estação chuvosa.....	88

1 INTRODUÇÃO

O estado de Roraima apresenta, proporcionalmente aos outros estados da Amazônia brasileira, grande conversão de floresta nativa em outros sistemas de uso da terra, provocando desmatamento na ordem de 9.577 km², com taxa de 266 km² ano⁻¹ (FEARNSIDE et al., 2013). A conversão inicia com a remoção da vegetação nativa por meio do uso do fogo para a introdução de pastagens, cultivos agrícolas temporários ou perenes que se mantêm viáveis por curto período de tempo, passando a apresentar diminuição da fertilidade natural do solo, provocando o abandono da área já inapropriada para a produção ou comumente chamada de degradada (BARNI et al., 2012; IMAZON, 2015).

Entre os principais impactos observados que levam à degradação do solo estão as alterações nas características físicas, químicas e biológicas, diminuindo a eficiência no processo de produção. A baixa eficiência no uso destes solos deve-se, principalmente, ao desconhecimento de modelos agrícolas mais compatíveis com as características edafoclimáticas regionais. Esses modelos precisam ser conhecidos para o desenvolvimento de política de ocupação, instrumentos de controle, fiscalização e monitoramento de áreas destinadas à produção, devendo valorizar a qualidade do solo pela avaliação de suas funções-chave, as quais são quantificadas usando variáveis físicas, químicas e biológicas do solo (ARAÚJO et al., 2007; FEARNSIDE et al., 2012; FERREIRA; COELHO, 2015).

Propriedades físicas, químicas e biológicas do solo interagem de maneira complexa, determinando sua qualidade e capacidade de uso; e são de fundamental importância para a definição do uso e do manejo a serem adotados. As preocupações no estado de Roraima incluem a perda de solo pela erosão, manutenção da produtividade agrícola, sustentabilidade do sistema e proteção de áreas naturais. Dessa forma, ainda que a qualidade do solo não possa ser medida diretamente, pode ser inferida a partir das mudanças nos seus atributos ou nos atributos do ecossistema (SEYBOLD et al., 1997; ARAÚJO et al., 2012).

As propriedades físicas estão envolvidas com a estrutura do solo. Quando o solo é bem estruturado, apresenta espaços porosos contendo ar e água que favorecem o desenvolvimento das raízes, condição necessária para poder absorver os nutrientes e promover o desenvolvimento vegetal. As principais variáveis físicas são: textura; espessura efetiva; densidade do solo; resistência à penetração; porosidade; capacidade de retenção de água; condutividade hidráulica e estabilidade de agregados. No entanto, a densidade e a porosidade do solo têm sido mais utilizadas como indicadores da qualidade do solo por se tratarem de

propriedades dinâmicas, suscetíveis ao uso e de fácil determinação (ARSHAD et al., 1996; SILVA et al., 2012).

Propriedades químicas do solo apresentam relevância nos estudos agrônômicos e ambientais e, normalmente, são agrupadas em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, acidez, teor de nutrientes, elementos fitotóxicos (Al^{3+} , por exemplo) e determinadas relações, como a saturação por bases (V) e por alumínio (m). Assim, as propriedades químicas podem ser agrupadas em quatro classes: a) aquelas que indicam processos do solo ou de comportamento, como pH e teor de carbono orgânico; b) aquelas que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions, como o tipo de argila (1:1 ou 2:1), a capacidade de troca de cátions (CTC) e de ânions (CTA), os teores de óxidos de ferro e de óxidos de alumínio; c) aquelas que indicam as necessidades nutricionais das plantas, como os teores de N, P, K, Ca, Mg e elementos traços; d) aquelas que indicam contaminação ou poluição, como a presença de metais pesados e a contaminação ambiental (ARAÚJO et al., 2012).

As propriedades biológicas do solo estão ligadas às suas atividades biológicas, e seu comportamento depende da diversidade que, para muitos autores, é o maior indicador de qualidade do solo, pois garante que processos que ocorrem no solo sejam medidos por várias espécies. Neste contexto, estudos recentes têm discutido a validade de se medir as alterações na diversidade biológica, isto é, na variabilidade das espécies animais e vegetais dos ecossistemas, usando espécies bioindicadoras cujas funções vitais se correlacionam com fatores agrônômicos e ambientais (CREPALDI et al., 2014; NIELSEN et al., 2015; LINDO; TURNBULL, 2015; SANTOS; OLIVEIRA, 2015).

A fauna edáfica, pela sua diversidade e magnitude das funções que realiza no ambiente solo, pode refletir o estado de funcionamento dos sistemas. Neste sentido, a mesofauna do solo, que compreende os organismos de 0,2 a 2 mm de comprimento, é um importante componente do ecossistema terrestre, por ativar processos de decomposição da matéria orgânica e a liberação de nutrientes para o solo e para as plantas, atuando, principalmente, no compartimento serapilheira-solo (LIMA et al., 2010; SILVA et al., 2013). Caracterizada por elevada diversidade de espécies em ambientes preservados, a fauna do solo perde esta característica de acordo com a intensificação do uso do solo e o grau de antropização do local (MORAIS et al., 2010; OLIVEIRA, 2015).

Cerca de 80 % dos indivíduos da fauna do solo são encontrados na camada superficial, em interface com a serapilheira. Em função disso, alguns grupos da mesofauna têm se destacado em estudos sobre impacto ambiental, principalmente como bioindicadores da transformação dos ambientes florestais em diferentes empreendimentos (LOUSADA; ZANETTI, 2013). Em floresta nativa, esta comunidade edáfica está representada por elevada diversidade de espécies, onde os Collembola apresentam-se numericamente dominantes depois do grupo Acari (OLIVEIRA; DEHARVENG, 1995). Estudos de Siddiky et al. (2012) relatam importante contribuição de Collembola na agregação do solo, representando diferentes grupos funcionais conhecidos como promotores-chave de agregação do solo.

A presente pesquisa baseia-se na hipótese de que mudanças no uso da terra resultam em modificações nas propriedades física, química e biológica do solo; procura, também, compreender como as formas de manejo mais adaptadas às condições edafoclimáticas da região poderão ajudar a mitigar os processos de degradação e a inviabilidade da produção agrícola. Para verificar tal hipótese foi estabelecida a seguinte meta: determinar e comparar as alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo sob diversos sistemas de uso da terra, tendo a floresta nativa como referência.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar os diversos sistemas de uso da terra - implantados na região de floresta do estado de Roraima -, definindo os sistemas de uso mais viáveis agronomicamente.

1.2.2 Objetivos específicos

-Comparar alterações nas propriedades físicas do solo (densidade, porosidade e granulometria) em diferentes sistemas de uso da terra na região de floresta do estado de Roraima em relação aos atributos da floresta nativa;

-Comparar alterações nas propriedades químicas do solo em diferentes sistemas de uso da terra na região de floresta do estado de Roraima em relação aos atributos da floresta nativa;

-Comparar a mesofauna edáfica e, especificamente, a diversidade de Collembola em diferentes sistemas de uso da terra na região de floresta do estado de Roraima em relação aos atributos da floresta nativa;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SISTEMAS DE USO DA TERRA

2.1.1 Agricultura tradicional

O sistema de produção conhecido como agricultura tradicional itinerante, com derrubada e queima, ou sistema de roça, é ainda utilizado por produtores de baixa renda no estado de Roraima. O sistema consiste no corte e queima da vegetação durante o período seco de 0,5 a 2 ha da floresta nativa ou da vegetação secundária, seguidos do plantio de culturas anuais, como feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ou, principalmente, mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). O cultivo dessas espécies repete-se por dois ou três anos e, após essa fase, a área é abandonada devido, principalmente, à diminuição da fertilidade natural do solo e à dificuldade para o controle de plantas invasoras (NAIR, 1987 e 1993; KRISHNAMURTHY; ÁVILA, 1999; ARCO-VERDE et al., 2013).

No estado de Roraima, a derrubada e queima ocorre entre os meses de outubro a março; e o cultivo, entre os meses de abril a agosto. A área abandonada permanece em pousio durante quatro a oito anos para reiniciar novo ciclo de plantio no mesmo local. Durante o pousio, a vegetação secundária, ou "juquirá", como é chamada na região, cresce rapidamente, contribuindo para ciclagem e deposição de nutrientes, aumentando a fertilidade do solo (ARCO-VERDE, 2013).

A agricultura tradicional tem íntima relação com o uso do fogo. As queimadas são utilizadas para abrir novas áreas, corrigir parcialmente a acidez do solo, adicionando nutrientes pela deposição das cinzas e, também, como forma barata de manter a área livre de plantas invasoras. Essa prática, de baixo custo e de fácil adoção, persiste em função da baixa disponibilidade de recursos dos agricultores para adquirirem fertilizantes e corretivos. O fogo tem grande impacto por eliminar boa parte do banco de sementes presente nos solos, reduzindo a regeneração da floresta e levando os solos a um esgotamento produtivo. Em alguns casos, após o fogo, ocorrem perdas significativas de solo, por erosão, e de nutrientes, por volatilização, lixiviação e também por carreamento superficial (NASCIMENTO et al., 2015; FREITAS et al., 2016).

2.1.2 Floresta primária

A floresta primária, ou nativa, da região em estudo, é denominada Floresta Tropical Densa ou Floresta Ombrófila Densa do tipo Submontana. A expressão Floresta Ombrófila Densa significa floresta chuvosa que ocorre tanto no Bioma Amazônia como no Bioma Mata Atlântica, onde a vegetação caracteriza-se por macro e mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância. Essa tipologia florestal está ligada a fatores climáticos tropicais, como elevada temperatura, precipitação elevada e bem distribuída durante o ano. Na região de Roraima ocorre um período seco que chega a durar três meses. A floresta apresenta fisionomia densa, com árvores de porte alto, formando dossel uniforme ou com árvores emergentes; além de grandes palmeiras e epífitas, hemiepífitas, estranguladoras, parasitas e herbáceas. A formação é composta, principalmente, por fanerófitos de porte alto, alguns ultrapassando 50 m de altura, os quais, nas outras partes do País, raramente atingem 30 m de altura (AMARAL et al., 2013). A expressão submontana refere-se à altitude, que varia entre 50 e 500 metros acima do nível do mar. A floresta ocorre em áreas com solos medianamente profundos, onde dominam Latossolos e Argissolos distróficos e, excepcionalmente, eutróficos, originados de vários tipos de rochas (IBGE, 2012).

2.1.3 Capoeira ou floresta secundária

As florestas secundárias, usualmente chamadas de capoeiras ou capoeirões, são resultantes de um processo natural de sucessão ecológica de vegetação em áreas que foram alteradas em decorrência do desmatamento para uso agrícola ou com pastagem. Nesses casos, a floresta ressurgue espontaneamente após o abandono dessas atividades. Também são consideradas secundárias as florestas muito descaracterizadas por exploração madeireira ou por causas naturais, mesmo que nunca tenha havido corte raso e que ainda ocorram árvores remanescentes da vegetação primária (SANTANA et al., 2004).

Dessa forma, as florestas secundárias, se adequadamente manejadas, podem constituir não só uma importante alternativa no processo de recuperação de áreas degradadas, mas também, uma alternativa econômica capaz de atender às reduzidas possibilidades dos agricultores (RAYOL et al., 2008). As capoeiras podem ser “enriquecidas” por meio de plantio de árvores de interesse, visando o acúmulo de biomassa, a ciclagem de nutrientes, ou a proteção do solo. A técnica do enriquecimento permite reduzir o tempo de descanso da terra, quando comparado com o pousio tradicional (HIGUCHI et al., 2010). As árvores plantadas para o enriquecimento da capoeira têm importante papel na integração com a vegetação espontânea da capoeira, que se refletirá na biomassa total produzida (BRIENZA JÚNIOR, 2012).

2.1.4 Sistemas agroflorestais

O conceito mais difundido de sistema agroflorestal foi elaborado pelo Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF), que define tal prática como: tecnologia de uso da terra, onde os elementos arbóreo e herbáceo estão organizados de forma consorciada e deliberada na mesma unidade de manejo da terra, incluindo plantas e animais de interesse econômico (OTS-CATIE, 1986).

Os sistemas agroflorestais têm por objetivo ampliar a produção por meio do rendimento contínuo e pela conservação/manutenção do potencial produtivo dos recursos naturais renováveis (conservação dos solos, dos recursos hídricos, da fauna e das florestas nativas); e, ainda, representar maior rendimento líquido por unidade de área, em comparação aos sistemas convencionalmente utilizados para produção, por fornecer inúmeros serviços

socioeconômicos e ambientais, sendo mais comuns em regiões tropicais úmidas, onde as florestas crescem com maior vigor, podendo representar possibilidades sustentáveis de uso da terra, adequando-se como uma estratégia de desenvolvimento sustentável (FERREIRA et al., 2009; HOFFMANN, 2013; MACEDO et al., 2013).

Sistemas agroflorestais, dependendo da sua estrutura, desenho, função dos diferentes componentes e objetivos da implantação, recebem diferentes denominações. Os sistemas agroflorestais conhecidos como multiestratificados consistem em uma mistura de espécies vegetais perenes associadas a espécies anuais e semi-perenes, formando diversos estratos verticais. As espécies arbóreas não são destinadas somente à comercialização de madeira, mas permanecem no sistema, por um longo tempo, para produção de frutos e sementes que são comercializados (MACEDO et al., 2010). Este sistema busca formar um consórcio de espécies que estabeleça uma dinâmica de formas, ciclagem de nutrientes e equilíbrio dinâmico análogo à vegetação original do ecossistema onde foi implantado. Para isso, baseia-se, em grande parte, na própria sucessão de espécies nativas (FERNANDES, 2009).

A produção dos sistemas agroflorestais é de médio a longo prazo quando se introduz espécies madeireiras e frutíferas, com culturas semi-perenes e perenes. As espécies arbóreas desempenham função de sombreadora dos cultivos. Devido à diversidade de modelos e arranjos para estes sistemas, a agrofloresta torna-se mais parecida com o ambiente natural, advindo daí um maior equilíbrio biológico e redução de problemas fitossanitários associados a monocultivos. A diversidade de espécies, de microclimas e o aumento da presença de inimigos naturais de patógenos e de pragas favorecem o seu controle natural (OLIVEIRA, 2013). Além disso, os vários tipos de sistemas radiculares das espécies exploram diferentes profundidades do solo e determinam seu bom uso, beneficiando as culturas consorciadas com o enriquecimento da camada superficial do solo como resultado da ciclagem de nutrientes promovida pelas culturas arbóreas com sistema radicular profundo (MACEDO et al., 2001).

2.1.5 Floresta plantada

As florestas plantadas, em sua maioria, são planejadas para utilização de forma comercial, principalmente para produção de celulose, chapas, lâminas, compensados, aglomerados, carvão vegetal, madeira serrada, além da exploração de produtos não

madeireiros, como castanhas, frutos, óleos etc. Há, porém, florestas que são plantadas para a recuperação ecológica de uma área, onde é preconizado o uso de várias espécies de árvores, arbustos com fins comerciais, normalmente composta por uma única espécie, geralmente eucalipto (*Eucalyptus* spp.) ou pinus (*Pinus* spp.).

As florestas plantadas no Brasil ocupam uma área total de, aproximadamente, 5,5 milhões de hectares; 1,7 milhão de hectares representam 0,2 % das terras agricultáveis no país e destinam-se à plantação de eucalipto (75 %) e pinus (25 %) para produção de celulose e papel (SOARES e NUNES, 2013). Há, também, plantios comerciais de outras espécies, como acácia (*Acacia mangium* Willd.), seringueira (*Hevea* spp.), teca (*Tectona grandis*), paricá (*Schizolobium amazonicum*), araucária (*Araucaria angustifolia* Bert.) e álamo (*Populus* spp.) (SNIF, 2016).

Segundo Cordeiro et al. (2015), os argumentos a favor das plantações florestais baseiam-se na disponibilidade de terrenos e na perspectiva de escassez de madeira no futuro, gerando empregos diretos e indiretos; além do fato de o mercado de madeira estar em alta, principalmente de eucalipto. Uma floresta plantada, quando bem planejada e executada, torna-se sustentável, pouco danosa ao meio ambiente e muito rentável. Já as florestas naturais, além de se encontrarem mais dispersas, algumas em áreas de difícil acesso, apresentam baixas taxas de crescimento e poucas árvores de valor comercial, o que dificulta o seu aproveitamento de forma econômica. No entanto, segundo o mesmo autor, o enfoque dado pela pesquisa em plantios florestais na Amazônia não é o de substituir a de mata nativa por plantios puros mais produtivos, mas sim, aumentar o valor da terra pela introdução de espécies de alto valor comercial em áreas com utilização de baixo valor econômico, como as capoeiras.

O reflorestamento é uma ação ambiental que visa repovoar áreas que tiveram a vegetação removida por forças da natureza, como incêndios, ou ações humanas, como queimadas, exploração de madeira e expansão de áreas agrícolas. Florestas podem ser plantadas para fins comerciais ou para recuperação de áreas degradadas, de modo a recuperar ecologicamente e funcionalmente uma área perturbada (CABRAL et al., 2013; SALOMÃO et al., 2013); e o plantio, em ambos os casos, é válido.

2.1.6 Pastagem

A pecuária extensiva tem sido uma atividade pioneira no processo de ocupação da Amazônia Legal nas últimas décadas, ocupando áreas significativas da floresta. As pastagens representam o principal suporte alimentar para os rebanhos e, nos primeiros anos, após a derrubada e queima da floresta, apresentam elevada produtividade e boa qualidade nutricional (NASCIMENTO et al., 2015). Para Costa (2010), isso ocorre devido à incorporação ao solo de grandes quantidades de nutrientes contidos na biomassa, e da redução do alumínio trocável a níveis não limitantes ao estabelecimento das pastagens. No entanto, com o decorrer do tempo, notadamente após cinco a seis anos de uso, observa-se uma gradativa redução na produtividade destas pastagens, com reflexos negativos no desempenho zootécnico dos rebanhos.

Segundo Townsend et al. (2010), este declínio é consequência de diversos fatores, sendo os mais importantes: 1) a baixa fertilidade natural dos solos, notadamente os níveis extremamente baixos de fósforo; 2) utilização de espécies forrageiras pouco adaptadas às condições ecológicas da região; e 3) a adoção de práticas de manejo inadequadas, como elevadas taxas de lotação e sistema de pastejo contínuo, que favorecem a infestação por plantas invasoras. Face o desequilíbrio do complexo solo-planta-animal, a erosão e a compactação do solo, notadamente os de textura mais argilosa, o vigor e a produtividade das plantas forrageiras, são consideravelmente reduzidos, ensejando condições favoráveis para que ocorra a completa degradação da pastagem. Na maioria dos casos, mesmo um pousio prolongado das pastagens não tem proporcionado na recuperação das pastagens o efeito desejado, havendo a necessidade da eliminação das plantas invasoras com limpeza cada vez mais frequente, menos eficiente e não suficiente para que as gramíneas e/ou leguminosas forrageiras recuperem seu vigor. Como as plantas invasoras são, na sua maioria, espécies nativas, perfeitamente adaptadas às condições edafoclimáticas da região e dificilmente consumidas pelos animais, tendem a predominar no ecossistema (NASCIMENTO et al., 2015).

Mesmo com a utilização de gramíneas forrageiras promissoras para a região, tem-se constatado, devido ao baixo nível de manejo adotado, pouca persistência destas pastagens e, conseqüentemente, início dos processos de degradação. As práticas mais utilizadas para deter o declínio de produtividade das pastagens têm se restringido ao controle de plantas invasoras por meio de métodos manuais, químicos ou físicos, isolados ou integrados. Estes são, geralmente, associados com queimas periódicas, e seguidos de um período de pousio variável, com a

finalidade de reduzir a competição da comunidade de espécies invasoras e favorecer um melhor desenvolvimento da forrageira (CRUZ et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2015).

De acordo com Souza (2004), quando a pastagem original atinge um estágio de degradação em que se torna inviável técnica e economicamente sua recuperação, a renovação tem sido recomendada, envolvendo a mecanização, práticas culturais e insumos que caracterizam um uso mais intensivo do solo. O alto custo da renovação das pastagens tem sido o maior entrave face às grandes áreas a serem renovadas. A associação da renovação de pastagens por meio da integração agricultura-pecuária tem sido recomendada como uma alternativa de minimizar os custos.

Neste contexto, evidencia-se a necessidade da busca de alternativas tecnológicas que assegurem maior produtividade e persistência das pastagens cultivadas, de modo a tornar a atividade agropecuária mais produtiva e rentável, mais sustentável e menos danosa ao ambiente.

2.2 QUALIDADE DO SOLO

A definição de qualidade do solo proposta por Doran e Parkin (1994) reflete a capacidade do solo de funcionar dentro dos limites do ecossistema manejado ou natural, como sustento para a produtividade de plantas e animais; de manter ou aumentar a qualidade da água e do ar, e de promover a saúde humana. Para avaliar a qualidade do solo, buscam-se atributos sensíveis às alterações causadas pelos sistemas de manejo e que possam refletir suas características físicas, químicas e biológicas. A qualidade do solo pode ser inferida a partir das mudanças nos seus atributos ou nos atributos do ecossistema, conhecidos como indicadores (ARAÚJO et al., 2012). O conceito de qualidade do solo, no entanto, ainda desperta controvérsias e diferentes interpretações (BONE et al., 2014).

As mudanças sofridas pelo solo, em decorrência de manejos adotados, podem ser estimadas por meio de variáveis químicas que também podem ser usadas para indicar limitações do ecossistema (SEYBOLD et al., 1997; OLIVER et al., 2013). De modo geral, as variáveis mais utilizadas para estimar a qualidade do solo, em função do seu uso e manejo, são aquelas que respondem às variações ambientais e podem sofrer mudanças em curtos e médios prazos. Essas variáveis, também chamadas de indicadores, devem também ser compreensíveis e

úteis para os agricultores e, preferencialmente, de mensuração fácil e acessível (PEZARICO et al., 2013)

Para Doran e Parkin (1994), os indicadores de qualidade do solo devem incluir propriedades físicas, químicas e biológicas; devem ser sensíveis às variações de manejo, de clima, e aplicáveis às condições de campo e, quando possível, compatíveis com fontes de dados existentes. Araújo et al. (2000) dividiram os indicadores da qualidade do solo em três grandes grupos: 1) efêmeros - cujas alterações ocorrem em curto espaço de tempo ou são modificados pelas práticas de cultivo, tais como: umidade, densidade, acidez e disponibilidade de nutrientes no solo; 2) permanentes - que são inerentes ao solo, tais como: profundidade efetiva, camadas restritivas, textura e mineralogia; e 3) intermediários - que se relacionam à capacidade do solo em desempenhar suas funções, tais como: agregação, biomassa microbiana, quociente respiratório, carbono orgânico total e ativo, que se relacionam diretamente com a matéria orgânica do solo.

2.2.1 Qualidade física do solo

As propriedades físicas do solo são fundamentais para definição do uso e do manejo mais apropriados e permitem inferir acerca dos fatores que atuam sobre o solo e são, frequentemente, consideradas boas indicadoras de qualidade. As propriedades físicas estão envolvidas no suporte e no desenvolvimento radicular das plantas, no armazenamento e no suprimento de água e de nutrientes, nas trocas gasosas e na atividade biológica, influenciando diretamente no adensamento, compactação, infiltração de água e suscetibilidade à erosão (LAL, 2000; REYNOLDS et al., 2002; ARAÚJO et al., 2012).

Os principais indicadores físicos que têm sido utilizados e recomendados são: textura; profundidade efetiva (*solum*: conjunto dos horizontes A e B); densidade do solo; resistência à penetração; porosidade; capacidade de retenção de água; condutividade hidráulica; e estabilidade de agregados. A densidade e a porosidade do solo, no entanto, têm sido mais frequentemente utilizadas como indicadores da qualidade do solo por serem propriedades dinâmicas, suscetíveis ao uso e de fácil determinação, estando relacionadas à compactação e à relativa restrição ao crescimento radicular (ARSHAD et al., 1996; ARAÚJO et al., 2012).

A densidade do solo fornece indicações a respeito do estado de conservação, sobretudo por sua influência em propriedades como infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade aos processos erosivos. Também vem sendo largamente utilizada na avaliação da compactação e/ou adensamento dos solos. Conforme Costa et al. (2003) e Campos et al. (2012), a densidade tende a aumentar com a profundidade, o que se deve a fatores como: redução do teor de matéria orgânica, menor agregação, menor penetração de raízes, maior compactação ocasionada pelo peso das camadas subjacentes, diminuição da porosidade total devido à eluviação de argila, dentre outros. A densidade é definida como a relação entre a massa de uma amostra de solo seco a 105 °C e o volume ocupado pelas partículas e pelos poros (EMBRAPA, 2013).

A granulometria é outro atributo do solo, e é pouquíssimo modificada pelo cultivo ou por outras práticas que ocasionam a mistura de camadas de diferentes profundidades. Contudo, é uma propriedade que tem estreita relação com a retenção e o transporte de água, a estrutura do solo, a retenção de nutrientes e de matéria orgânica, além de influenciar fortemente os processos erosivos do solo (CRUZ et al., 2014). A granulometria interfere em vários atributos físico-hídricos do solo. Pequenas alterações no conteúdo de água determinam grandes variações na resistência à penetração (SILVEIRA et al., 2010).

2.2.2 Qualidade química do solo

As propriedades químicas do solo têm relevância em estudos agronômicos e ambientais e, normalmente, são agrupadas em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, acidez, teor de nutrientes, elementos fitotóxicos como Al^{3+} , por exemplo; também têm relação com a saturação por bases (V) e por alumínio (m), podendo ser agrupadas em quatro classes: 1) aquelas que indicam os processos do solo ou de comportamento, como pH e teor de matéria orgânica; 2) aquelas que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions, como tipo de argila (1:1 ou 2:1), capacidade de troca de cátions (CTC) e de ânions (CTA), teores de óxidos de ferro e de alumínio; 3) aquelas que indicam as necessidades nutricionais das plantas, como os teores de macro e de micronutrientes; e 4) aquelas que indicam contaminação ou poluição, como presença de sais de metais pesados, nitrato, fosfato, sulfetos etc. (QUESADA et al., 2010; ARAÚJO et al., 2012; QUESADA et al., 2012).

Pesquisadores consideram a matéria orgânica do solo (MOS) como o indicador ideal para avaliar a qualidade do solo. Eles estão fundamentados no fato de que várias funções e processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo estão relacionados diretamente com a presença de matéria orgânica (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Além disso, consideram, também, que a matéria orgânica é eficiente na monitorização de mudanças da qualidade do solo no tempo.

Vários estudos relataram mudanças nos valores de pH do solo, nos teores de cátions trocáveis e no conteúdo de C e N decorrentes do desmatamento e queima da floresta natural. Dentre os atributos do solo que podem ser usados como indicadores de mudanças ocorridas com a conversão de áreas de floresta em pastagem, têm-se as mudanças na dinâmica MOS. Avaliando-se as frações química e física da MOS pode-se verificar como estão distribuídos os teores de C antes e após a conversão do sistema floresta-pastagem (SALIMON et al., 2009; QUESADA et al., 2012; MATOS et al., 2012).

A adição de material vegetal ao solo acarreta alterações na biomassa microbiana, que pode ser avaliada pelo montante de sua respiração. A adubação verde, primordialmente, mantém e/ou aumenta o teor de MOS e melhora suas condições físicas, químicas e biológicas (MONEGAT, 1991; NIELSEN et al., 2015).

2.2.3 Qualidade biológica do solo

O conhecimento da composição e da atuação dos organismos no solo é uma ferramenta importante para compreender os processos edáficos que contribuem com a manutenção da produtividade nos ecossistemas agrícolas e florestais. É um importante componente ecológico, responsável pela decomposição e, principalmente, pela mineralização dos compostos orgânicos do solo, utilizando esses materiais como fonte de nutrientes e de energia para a formação e para o desenvolvimento de suas células, bem como, para a síntese de substâncias orgânicas no solo, podendo ser um aliado importante do sistema produtivo (BARROS et al., 2008; HUBER; MORSELLI, 2011). Entre os representantes da fauna do solo, a mesofauna desenvolve funções importantes na manutenção dos ecossistemas terrestres, atuando, principalmente, na fragmentação de resíduos vegetais da serapilheira, aumentando a

superfície de contato para o ataque de microrganismos, a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes para o solo (BROWN et al., 2015).

A mesofauna compreende os organismos com comprimento entre 0,2 e 2 mm, pertencentes às seguintes categorias taxonômicas: *Acari*, *Collembola*, *Pseudoscorpiones*, *Protura*, *Diplura*, *Pauropoda*, *Symphyla*, *Palpigradi*; alguns imaturos e adultos de *Coleoptera*; imaturos de *Dipteras*; alguns representantes de *Isoptera* (cupins ou térmitas) e *Oligochaeta* (minhocas), compreendendo a família *Enchytraeidae* (BARETTA et al, 2011). O manejo do solo apresenta, normalmente, uma resposta mais rápida sobre o componente biológico do que sobre outros atributos pedológicos, sendo este um bom indicador da qualidade dos solos e das alterações nos ecossistemas (BARROS et al., 2012). Os organismos da mesofauna vivem, principalmente, na camada superficial do solo e na interface do solo com a serapilheira ou folheto, onde encontram restos vegetais em decomposição. Muitos são desprovidos de estruturas fossoriais ou escavadoras e, devido aos seus tamanhos diminutos, utilizam as galerias escavadas por organismos maiores como *Oligochaeta*, *Isoptera* e *Formicidae* para a sua locomoção e distribuição no interior do solo (MORAIS et al., 2013).

O reduzido número de taxonomistas resulta em dificuldades na identificação das espécies da fauna do solo. Desta forma, ecologistas frequentemente usam o conceito do grupo funcional para facilitar a descrição das comunidades da fauna do solo e a interpretação da sua importância. Apesar de existirem grupos funcionais redundantes, essa classificação facilita a compreensão do papel desses organismos no ecossistema e seu funcionamento (BRUSSAARD, 2012). Estudos de Bachelier (1978) e Sawahata e Narimatsu (2006) possibilitaram a organização das ordens da mesofauna em níveis tróficos. Em estudos mais recentes, Brown et al. (2015) organizaram os níveis tróficos da mesofauna de acordo com os processos de melhoria de atributos físicos, como agregação, porosidade e infiltração de água; e no funcionamento biológico do solo, classificando-os em quatro grandes grupos funcionais: predadores/parasitas, detritívoros/decompositores, geófagos/bioturbadores e fitófagos/pragas.

Indicadores de fácil observação e de elevada capacidade de síntese são desejáveis para estimar a qualidade da fauna edáfica analisada qualitativa e quantitativamente na camada superficial do solo ou na camada de até 20 cm de profundidade, equivalente ao solo agrícola (DUBOIS, 2009). Portanto, a abundância, a biomassa, os grupos funcionais e a biodiversidade de vários invertebrados da mesofauna edáfica podem ser usados como indicadores para

monitorar mudanças quantitativas e qualitativas nos ambientes afetados pelo uso do solo (CLUZEAU et al., 2012).

Dentre os grupos taxonômicos mais utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental, Collembola destaca-se como um dos mais eficientes por responder sensivelmente às modificações do solo e pela alta diversidade de espécies (OLIVEIRA et al., 2005). Collembola são pequenos artrópodes, com comprimento médio entre 0,1 e 0,5 mm, podendo alcançar até oito mm de comprimento. Ápteros, com apêndices abdominais particulares, têm no corpo, além dos três tagmas: cabeça, tórax e abdômen; a presença de uma fúrcula, que pode ser ausente em alguns gêneros e ou espécies - o *tenáculo* e o *colóforo*. São ametábolos, isto é, os indivíduos recém-emergidos têm aparência semelhante ao adulto, na forma geral do corpo, apresentando, no entanto, pigmentação e quetotaxia reduzidas e ausência de abertura genital (BERNARDO et al., 2013; TURNBULL; LINDO, 2015). Embora os estudos com bioindicadores sejam recentes, a utilização de Collembola na indicação da qualidade de solos vinícolas é muito antiga (GISIN, 1955), tendo sido, provavelmente, o primeiro grupo utilizado como bioindicador da qualidade do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A região Norte do Brasil ocupa cerca de 47 % da superfície do país. O estado de Roraima, um dos nove que compõem a Amazônia Legal, representa 5,81 % da área do país, correspondendo a 225.116,1 km². Roraima situa-se no extremo norte do território brasileiro e possui a maior parte de suas terras no Hemisfério Norte. A temperatura média mínima situa-se na faixa de 20 °C e a máxima, na faixa de 38 °C. A altitude é predominantemente baixa em relação ao nível do mar. Aproximadamente 60 % de sua área territorial tem altitude menor que 200 m acima do nível do mar (anm); 25 % entre 200 m e 300 m de altitude (anm); 14 % entre 300 e 900 m de altitude (anm); e 1% está acima de 900 m de altitude (anm) (SEPLAN, 2014). A precipitação média anual é de 1.700 a 2.500 mm ano⁻¹, e a umidade relativa do ar gira em

torno de 70 %. Em regiões com altitude entre 800 m a 1000 m acima do nível do mar (anm), a temperatura anual média é inferior a 18 °C; e em localidades acima de 1000 m (anm) a temperatura mínima noturna chega a 6 °C, e a diurna média é inferior a 20 °C (ALVARES et al., 2014).

A área de estudo está situada na região Centro-Norte do estado de Roraima (Figura 1), município do Cantá, no Campo Experimental Confiança da Embrapa - RR (02°17'48"N e 60°38'25"W), distante 90 km de Boa Vista, capital do estado. O clima é do tipo Ami, tropical úmido com estação seca acentuada, de acordo com o sistema de Köppen-Geiger (PEEL et al., 2007); ou, segundo a classificação de Bagnouls-Gaussen (1963), do tipo climático termoxeroquimênico atenuado, representado por uma estação seca curta de três a quatro meses.

A diversidade pedológica do estado de Roraima abrange as 13 classes do solo determinadas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2013), com grande domínio dos Latossolos e Argissolos, com avançado grau de intemperização. Sobre estes solos inserem-se diversos empreendimentos agrícolas, com destaque para a pecuária, devido sua maior área e distribuição; além de empreendimentos de piscicultura, fruticultura e de cultura de grãos, como soja e milho (CRUZ et al., 2014). A cobertura vegetal do bioma Amazônia é classificada como Floresta Tropical Densa das áreas Submontana com relevo ondulado suave, com dossel emergente ou com dossel uniforme (BRASIL 1975; XAUD et al., 2003).

O regime pluvial é caracterizado pela concentração de 58 % das chuvas nos meses de maio a julho; 18 % da precipitação de outubro a março; e nos meses de abril, agosto e setembro, cerca de 25 % da precipitação total. A precipitação pluvial anual na região do Campo Experimental Serra da Prata, próximo ao Campo Experimental Confiança, oscila entre 1.510 a 2.145 mm ano⁻¹, com um valor médio 1.844 mm ano⁻¹, com período seco acentuado nos meses de dezembro a março (MOURÃO JR. et al., 2003).

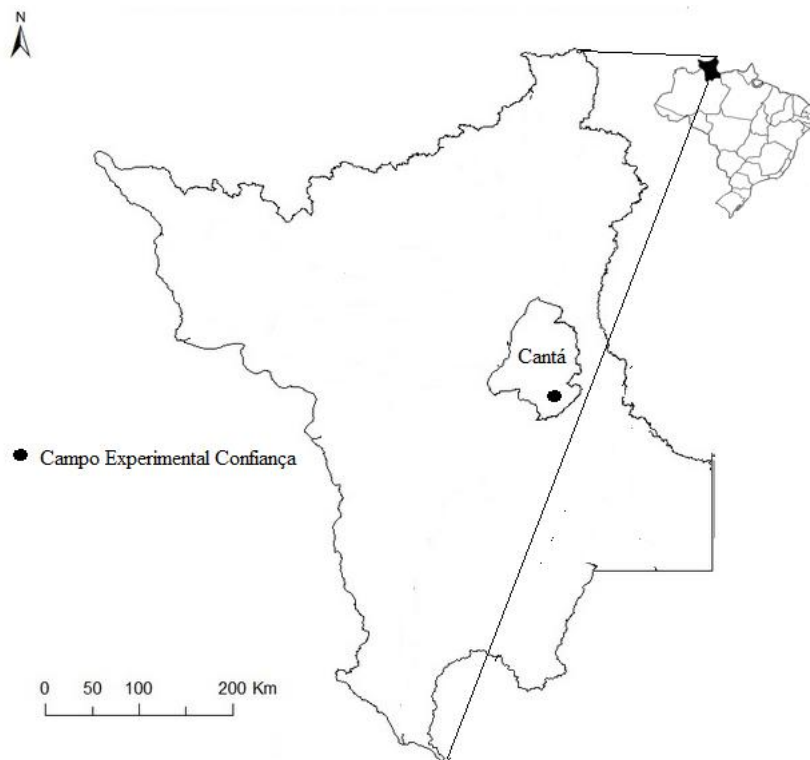


Figura 1-Mapa do estado de Roraima, com destaque para o município do Cantá e para o Campo Experimental Confiança, Embrapa - RR.

Fonte: Adaptado pelo Autor a partir da base cartográfica do IBGE (2015).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE USO DA TERRA

O trabalho de pesquisa foi realizado no Campo Experimental Confiança da Embrapa - RR ($02^{\circ}15'00''$ N e $60^{\circ}39'54''$ W - Sede da Estação), localizado na Colônia Agrícola Confiança III, no município do Cantá, no centro leste do estado, na mesorregião Norte de Roraima, distante 90 km da capital, Boa Vista (Figura 2). Foram avaliadas oito áreas sob diferentes sistemas de uso de terra, localizadas no Campo Experimental Confiança e em suas adjacências: 1 = Floresta primária (FLO); 2 = Capoeira (CAP); 3 = Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); 4 = Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); 5 = Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); 6 = Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); 7 = Pastagem manejada (PA1); 8 = Pastagem alterada (PA2). Em cada área considerada um tratamento, foi delimitada uma parcela de 50 x 50 m, e aí foi definido um transecto em diagonal, onde foram distribuídos os pontos amostrais.

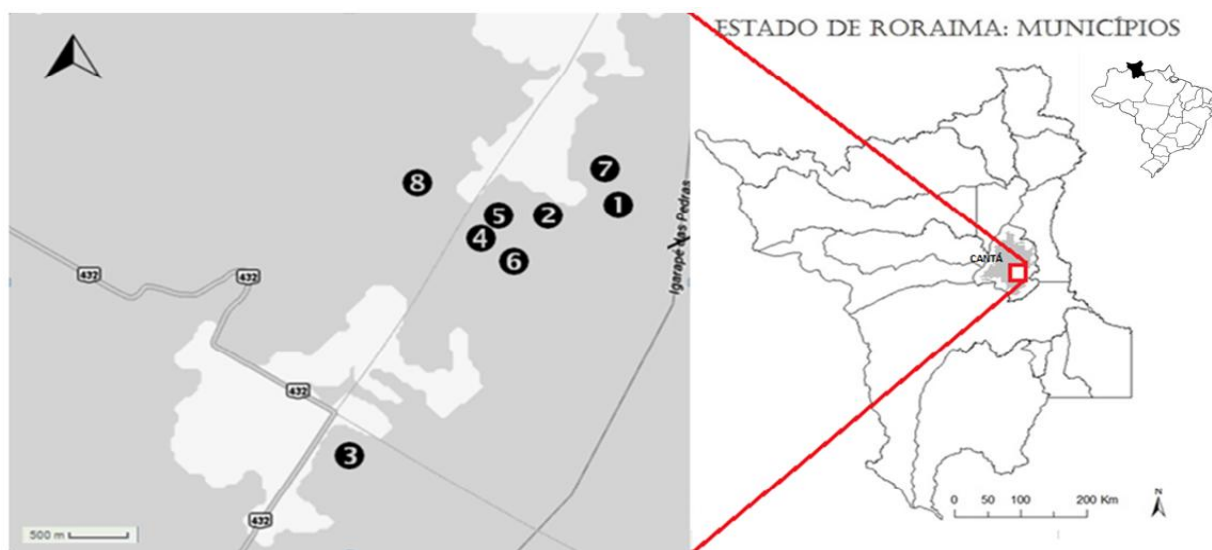


Figura 2-Localização do Campo Experimental Confiança, com 198 ha, Embrapa Roraima, Município do Cantá/ RR e das áreas sob diferentes sistemas de uso da terra:

1 = Floresta primária (FLO); 2 = Capoeira (CAP); 3 = Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); 4 = Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); 5 = Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); 6 = Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); 7 = Pastagem manejada (PA1); 8 = Pastagem alterada (PA2).

Fonte: Adaptado pelo Autor de Google Earth e a base cartográfica do IBGE (2015).

3.2.1 Floresta primária

No Campo Experimental Confiança/Embrapa-RR (02°14'41,4" N e 60°39'25,3" W) há, aproximadamente, 17 hectares de floresta primária classificada como Floresta Ombrófila Densa das Áreas Submontana com relevo ondulado, cobertura emergente e com ocorrência de cobertura uniforme (BRASIL 1975; XAUD et al., 2003) (Figura 3).

Xaud et al. (2003) inventariaram a área de floresta primária do Campo Experimental Confiança e constataram ampla variedade de espécies herbáceas e madeiras, com 1001 indivíduos com DAP de 30 cm, perfazendo uma média de 55,7 indivíduos arbóreos por hectare. Os indivíduos com DAP \geq 45 cm somaram 435 indivíduos entre espécies classificadas como comerciais e não comerciais, ou comercializáveis e não comercializáveis no mercado madeireiro de Boa Vista - RR. As espécies mais comercializáveis foram: Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) 40 %; Rabo-de-arara (*Cacoucia coccinea* Aubl.) 19 %; Caferana (*Tachia guianensis* Aubl.) 9 % e Amargoso (*Picramnia parvifolia* Engl. ex Chart.) 8 %. As duas primeiras espécies se destacam e correspondem a quase 60 % do volume de madeira comercial na área.

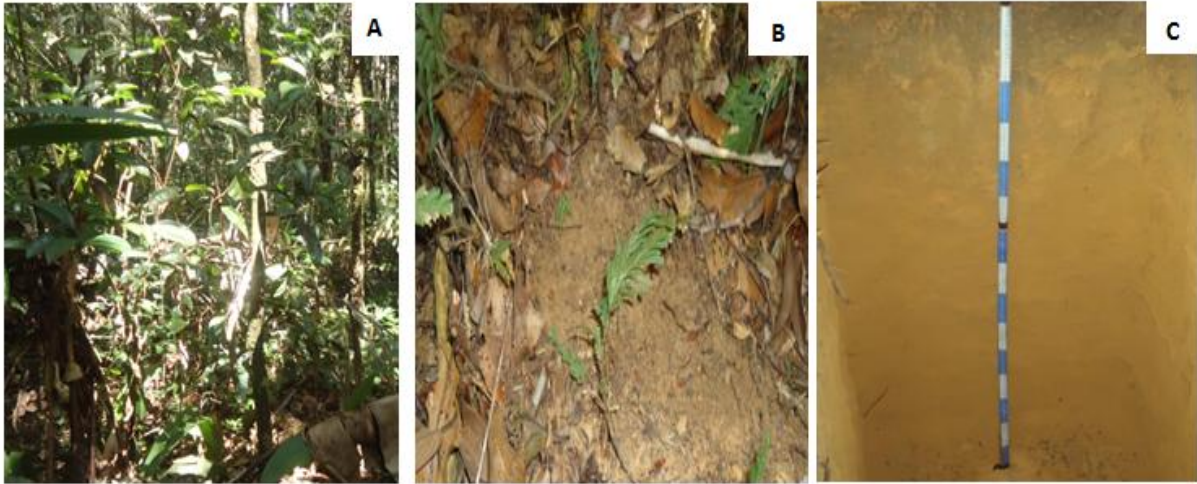


Figura 3-Imagem da floresta primária: Vegetação (A); Serapilheira (B) e Perfil do solo (C) no Campo Experimental Confiança – Embrapa, Cantá/ RR.
Fonte: Autor (2014).

3.2.2 Capoeira ou mata secundária

A área com capoeira ou mata secundária (02°14'51,2" N e 60°39'51,9" W) é uma unidade de regeneração natural, com cerca de 20 anos em pousio. Nos anos de 1995 e 1996, a mata existente sofreu queima espontânea e sem controle. Na Figura 4 estão apresentadas imagens do arranjo das plantas, da biomassa de cobertura do solo, composta principalmente de serapilheira das espécies presentes e do solo em uma trincheira aberta como ação de reconhecimento dos horizontes do solo.

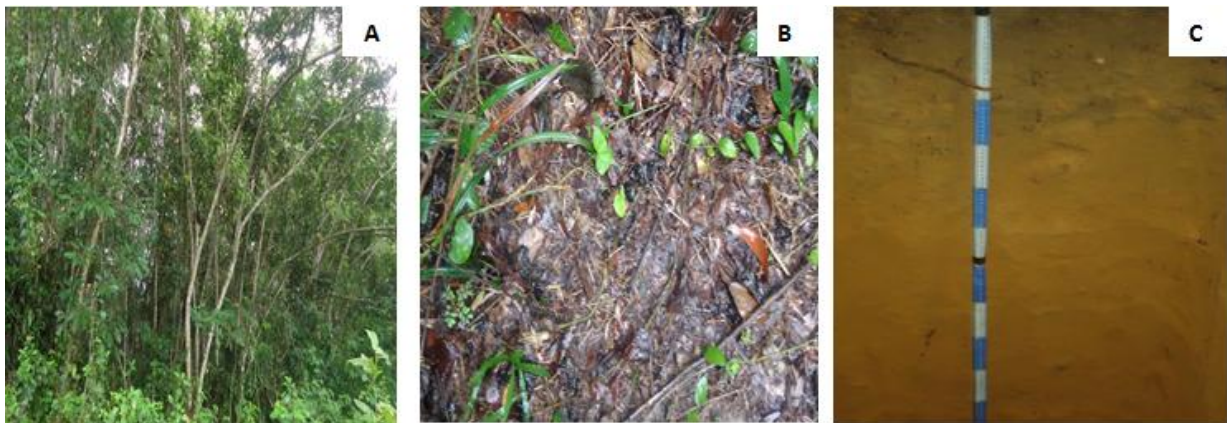


Figura 4-Aspectos da área com capoeira: Vegetação (A); Serapilheira (B) e Perfil do solo (C) no Campo Experimental Confiança – Embrapa, Cantá/RR.

Fonte: Autor (2014).

A capoeira apresenta cobertura vegetal constituída de grande variedade de espécies pioneiras, como: lacre branco (*Vismia cayennensis* (Jacq.) Pers. e vermelho (*Vismia latifolia* (Aubl.) Choisy; capititiú (*Siparuna decipiens* (Tul.) A.DC.); cipó-de-fogo (*Doliocarpus dentatus* (Aubl.) Standl.); *Acacia mangium*; envira preta ou envira surucucu (*Guatteria poeppigiana* Mart.); ingarana (*Zygia latifolia* (L.) Fawcett & Rendle var. *latifolia*); ingá xixica (*Inga alba* (Sw.) Willd.); ingá-de-macaco (*Inga sessilis* (Vell.) Mart.); pepino-da-mata (*Ambelania* sp.); faveira (*Pseudopiptadenia suaveolens* (Miq.) J.W.Grimes); imbaúba (*Cecropia* sp.); imbaúba bengue (*Pourouma* sp.); imbaúba branca (*Cecropia leucoma* Miq.); goiaba-de-anta (*Bellucia* sp.); goiaba-de-paca (*Myrcia splendens* (Sw.) DC.); papa-terra (*Miconia chrysophylla* (Rich.) Urb.); inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.); tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G.Mey.); cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.); bananeira brava ou sororoca (*Phenakospermum guianense* Endl.); piquiá (*Caryocar villosum* (Aubl.) Pers.); bico-de-tucano (*Heliconia psittacorum* L.f.); faveira-orelha-de-macaco (*Enterolobium schomburgkii* Benth.); bacabeira (*Oenocarpus bacaba* Mart.); morototó (*Schefflera morototoni* (Aubl.)); patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.), açaí (*Euterpe oleracea* Mart.); paxiúba (*Iriartella setigera* (Mart.) H.Wendl.); murici-da-mata (*Byrsonima aerugo* Sagot.); taboquinha (*Psychotria* sp.); falsa cupiúba (*Rinorea guianensis* Aubl.); louro-de-tucano (*Ocotea ocofera*); guaranazeiro (*Paullinia cupana*, variedade *sorbilis* (Martius) Duke) e outras espécies não identificadas.

3.2.3 Sistema de floresta plantada

A área de floresta plantada com *Acacia mangium* (02°13'59,7" N e 60°40'26,2" W) fica, aproximadamente, a 1,5 km da sede do Campo Experimental Confiança, com cobertura florestal uniforme (Figura 5). A área sofreu exploração madeireira nos anos de 1995 a 1998, e foi colocada para regeneração natural por determinação dos órgãos de controle ambiental. No início da regeneração, a área recebeu plantio de *Acacia mangium*, Fabácea lenhosa que foi introduzida na região de Roraima para a produção de madeira, apresentando rápido crescimento e acúmulo de biomassa.

O plantio foi em espaçamento de 2 x 2 m, no ano de 2002. No ano de 2015 apresentava árvores com desenvolvimento uniforme, DAP médio de 30 cm e domínio em todos os extratos do plantio, liteira abundante com domínio de folhas de *Acacia mangium*.

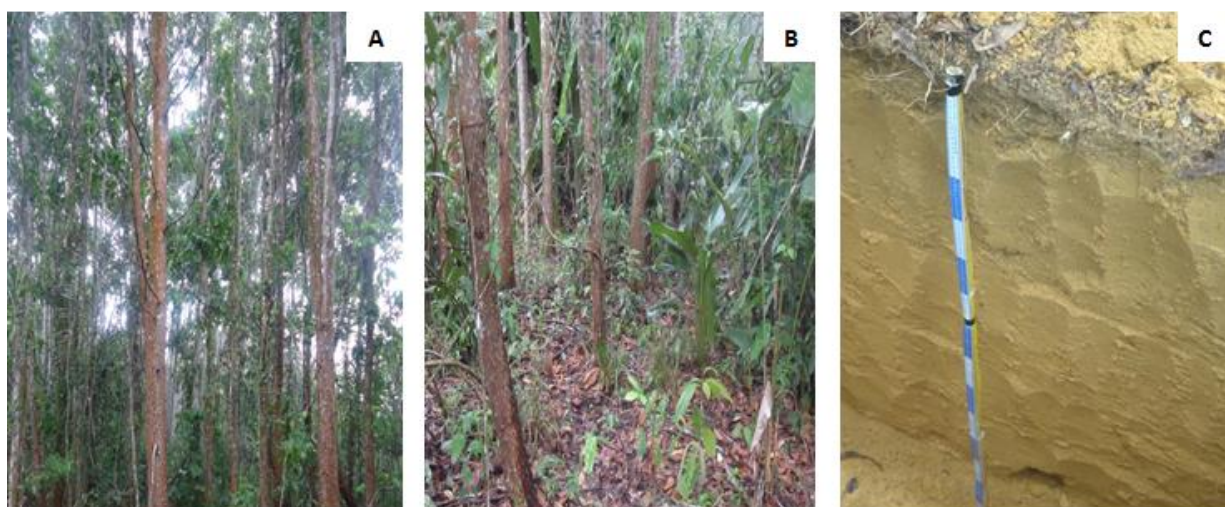


Figura 5-Aspecto da área com Floresta plantada com *Acacia mangium*: Vegetação (A); Serapilheira (B) e Perfil do solo (C), próximo ao Campo Experimental Confiança - Embrapa, Cantá/ RR.

Fonte: Autor (2014).

3.2.4 Sistemas agroflorestais

Foram utilizadas duas áreas com sistemas agroflorestais (SAFs) implantados pela Embrapa - RR em 1995, com aproximadamente 50 x 50 m, e que se distinguem quanto à utilização ou não de insumos na implantação e manutenção. O modelo de sistema agroflorestal implantado é classificado como sistema agroflorestal multiestratificado ou agroflorestal. A capoeira das áreas foi derrubada, sem queima, e o plantio das espécies foi realizado no espaçamento (3 x 2 m), intercalando espécies de ciclo biológico longo, como cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng. Schum.); pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth); castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) e cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) com espécies de ciclo curto, como bananeira (*Musa sp.* cv. Missouri) e ingá-de-metro (*Inga edulis* Mart.), cercadas por gliricídia (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp) (Figura 6).

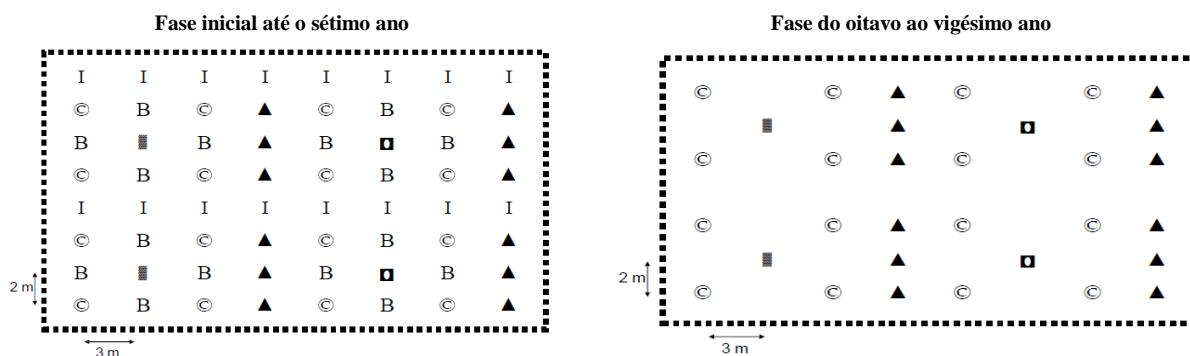


Figura 6-Disposição das espécies nos sistemas agroflorestais na fase inicial até o sétimo ano (A) e, após desbaste, do oitavo ao vigésimo ano (B). ▲Pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), © Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum., B Bananeira (*Musa sp.*), ■ Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), I Ingazeira (*Inga edulis* Mart.), □ Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), ■■■ Cerca viva de *Gliricidia sepium* (Jacq. Walp.).
Fonte: Adaptado de Arco-Verde (2008).

Todos os arranjos receberam, inicialmente, a instalação de culturas anuais com adubação de correção. As espécies de ciclo curto - bananeira e ingazeira - permaneceram nos SAFs por períodos de um a sete anos; já a gliricídia, cupuaçuzeiro, pupunheira, castanha-do-Brasil e cupiúba permaneceram nos SAFs por todo o período. As duas espécies destinadas à

fertilização do solo e à ciclagem de nutrientes (ingá-de-metro e glirícidia) foram podadas anualmente, e a biomassa distribuída entre as linhas de plantio com o objetivo de melhorar a fertilização para os demais componentes do sistema, além de manter a umidade do solo por um maior período. No ano de 2010, os sistemas foram enriquecidos com café (*Coffea arabica* L.), andiroba (*Carapa guianenses* Aubl.), abiu (*Pouteria macrophylla* (Lam) e saman (*Samanea saman* (Jacq.) Merr).

3.2.4.1 Sistema agroflorestal de baixo insumo

O Sistema agroflorestal de baixo insumo (02°14'45,3" N e 60°39'45,3" W), SA1, compreende o mesmo arranjo de espécies descritas anteriormente. Na Figura 7 estão apresentadas as imagens da composição vegetal, cobertura do solo e trincheira aberta na área para definição da morfologia do solo. O preparo do solo da área do sistema agroflorestal com “baixo insumo” foi realizado mediante a gradagem. As culturas anuais foram implantadas em sistemas de plantio direto, com fertilização localizada em cada cova, sendo a cultura do arroz implantada nos primeiros dois anos, recebendo aplicação de fertilização de 200 kg ha⁻¹ de N-P-K 2-28-20 e 100 kg ha⁻¹ de ureia no primeiro ano de plantio. No segundo ano, foram aplicados 2 g de N-P-K 10-26-26 e 1 g de ureia por cova, equivalente a 80 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹, respectivamente. O cultivo apresentou níveis baixos de produtividade quando comparado à média regional. No terceiro ano em que foi plantada, recebeu a cultura da mandioca, que apresentou produção limitada.

Banana foi a espécie que recebeu uma atenção complementar, com adubação de 500 g planta⁻¹ de N-P-K 10-26-26 no terceiro ano, e 210 g de sulfato de amônio, 900 g de superfosfato simples e 300 g de cloreto de potássio, por planta, no quarto ano de cultivo. Esta adubação não foi suficiente para aumentar a produtividade, refletindo a baixa fertilidade do solo.



Figura 7-Aspecto da área com sistema agroflorestal com baixo insumo: Vegetação (A); Serapilheira (B) e Perfil do solo (C) no Campo Experimental Confiança – Embrapa, Cantá/ RR. Fonte: Autor (2014).

3.2.4.2 Sistema agroflorestal de alto insumo

O sistema agroflorestal de alto insumo ($02^{\circ}14'44,6''$ N e $60^{\circ}39'44,9''$ W) foi elaborado e conduzido para referenciar o efeito do manejo no arranjo agroflorestal, recebendo calagem, adubações regulares, podas e manejo fotossanitário. Na Figura 8 estão apresentadas nas imagens o arranjo das plantas, da cobertura do solo e de trincheira aberta na área para definição da morfologia do solo. Na instalação do sistema SA2, a área foi gradeada e o solo teve sua acidez corrigida, recebendo calcário dolomítico (2 t ha^{-1}), adubação fosfatada (40 kg ha^{-1} de P_2O_5) e adubação com FTE (Fritted Trace Elements) BR 12 (50 kg ha^{-1}).

As culturas anuais foram implantadas em sistemas de plantio direto, com gradagem e adubação nitrogenada localizada em cada cova, tendo, no primeiro ano, a implantação da cultura do milho, adubado com 300 kg ha^{-1} de N-P-K 4-28-20 e 200 kg ha^{-1} de ureia. No segundo ano cultivou-se a soja, que recebeu a adubação de 3 g de N-P-K 10-26-26 por cova, correspondendo a 120 kg ha^{-1} . No terceiro ano foi instalada a cultura da mandioca, adicionando-se, apenas, a que recebeu os resíduos culturais do milho e da soja, respondendo satisfatoriamente.

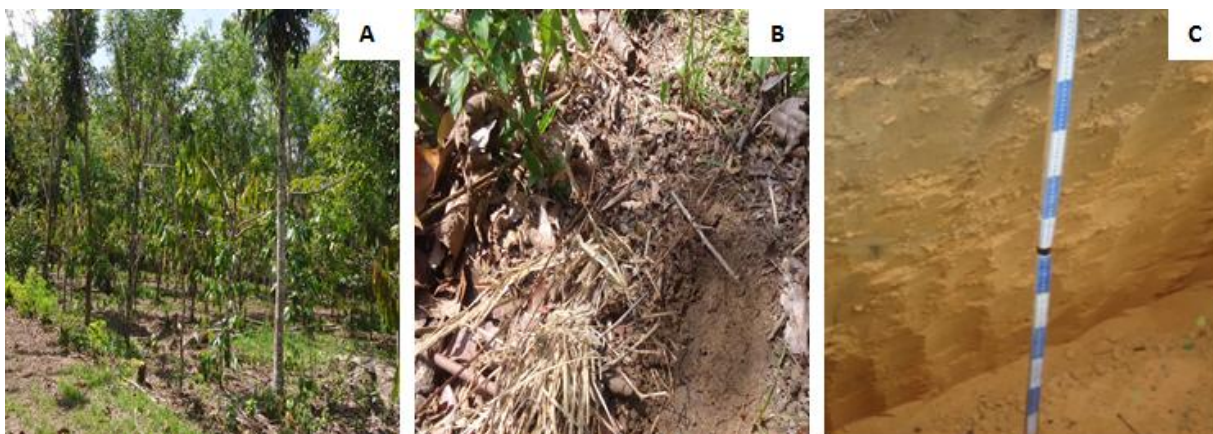


Figura 8-Aspecto da área com sistema agroflorestal com alto insumo: Vegetação (A); Serapilheira (B) e Perfil do solo (C) no Campo Experimental Confiança - Embrapa, Cantá/ RR. Fonte: Autor (2014).

As bananeiras foram as espécies que receberam atenção complementar, com adubação de 500 g planta⁻¹ de N-P-K 10-26-26 no ano de 1997 e, no ano seguinte, receberam 210 g de sulfato de amônio, 900 g de superfosfato simples e 300 g de cloreto de potássio, por planta, no quarto ano de cultivo; e não foi suficiente para aumentar a produtividade, refletindo as características de baixa fertilidade química do solo. No ano 2009, as adubações foram dirigidas às plantas de cupuaçuzeiros, na proporção de 2 t ha⁻¹; 111 kg ha⁻¹ de ureia; 550 kg ha⁻¹ de superfosfato simples; 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 27 kg ha⁻¹ FTE BR12. No ano de 2014 foram retiradas as plantas de pupunheiras do sistema. A adubação foi, então, direcionada às plantas de cupuaçuzeiros com 104 kg ha⁻¹ de ureia; 270 kg ha⁻¹ de superfosfato simples; 124 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 20 kg ha⁻¹ de FTE BR12.

3.2.5 Cultivo de pupunheira/palmito

A área de cultivo de pupunheira (02°14'44,7" N e 60°39'49,2" W) faz parte de um experimento que está sendo conduzido com cobertura do solo com a leguminosa desmodium (*Desmodium sp.*) (Figura 9). O plantio foi instalado em maio de 2006 para produção de palmito e recebeu adubação de cobertura com sulfato de amônia em 2006, 2007 e 2008. Em 2009,

recebeu uma aplicação de calcário dolomítico em toda área experimental (2 t ha^{-1}), além da adubação com NPK (4-28-20) nas linhas em três parcelas.

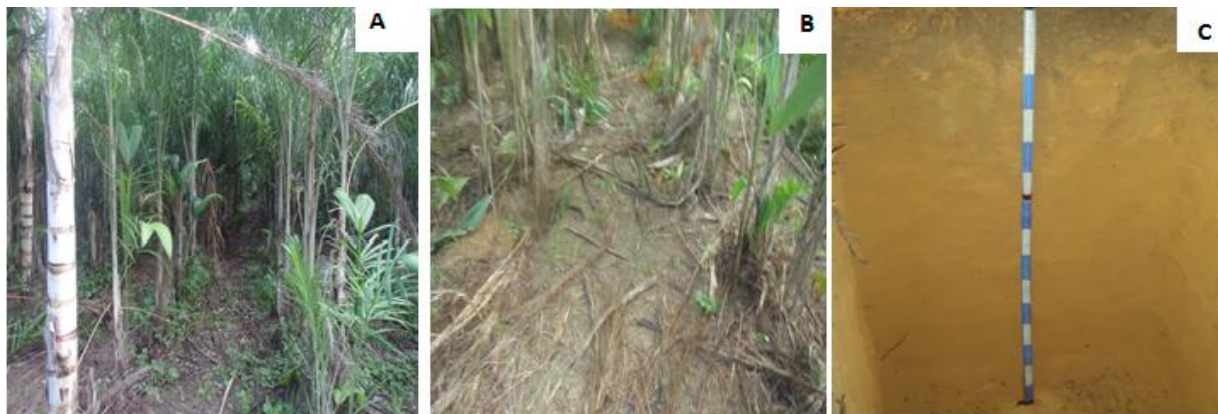


Figura 9-Aspecto da área de cultivo de pupunheira: Vegetação (A); Cobertura do solo (B) e Perfil do solo (C) no Campo Experimental Confiança – Embrapa, Cantá/ RR.

Fonte: Autor (2014).

Em 2010, as plantas foram adubadas com 250 kg ha^{-1} de ureia, 75 kg ha^{-1} de cloreto de potássio e 50 kg ha^{-1} de FTE BR12. Nos anos de 2011 e 2012 não foram realizadas adubações. Em 2013 e 2014 as plantas foram adubadas com 400 kg ha^{-1} de ureia; 750 kg ha^{-1} de superfosfato simples; 400 kg ha^{-1} de cloreto de potássio e 50 kg ha^{-1} de FTE BR12. Os cortes para retirada de palmito e os desbastes foram realizados nos meses de novembro/dezembro de 2008; julho e novembro/dezembro 2010 (dois cortes); agosto de 2012; julho e dezembro de 2013 e julho/agosto de 2014.

3.2.6 Pastagem manejada

A área com pastagem manejada ($02^{\circ}14'53,9'' \text{ N}$ e $60^{\circ}39'44'' \text{ W}$) foi aberta seguindo os mesmos procedimentos iniciais para implantação dos sistemas agroflorestais multiestratificados, instalados na estação experimental Confiança, com derrubada da capoeira sem o uso do fogo e o plantio de capim “Quicuiu da Amazônia” (*Brachiaria humidicola* cv.

Humidicola). A pastagem manejada ocupa uma área de aproximadamente um hectare e foi pastejada por quatro animais (bovinos) de 1996 até 2008 (Figura 10).



Figura 10-Aspecto da área de pastagem de capim quicuío, manejada: Vegetação (A); cobertura do solo (B) e Perfil do solo (C), no Campo Experimental Confiança - Embrapa, Cantá/ RR.
Fonte: Autor (2014).

Em 2010, a área recebeu resíduos de pupunheiras e ramos da leguminosa sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). A forrageira apresentou bom crescimento e bom aspecto de qualidade nutricional, com completa cobertura do solo, sem apresentar processo de erosão laminar.

3.2.7 Pastagem alterada

A área com pastagem alterada (02°15'04,9" N e 60°39'54,2" W), adjacente à sede da Estação Experimental Confiança, foi aberta por meio de derrubada e queima da floresta; plantada com capim “Quicuío da Amazônia” (*Brachiaria humidicola* cv. humidicola) em 1995; e não tem histórico de aplicação de calagem e de adubações. Segundo o proprietário, a área recebeu uma alta densidade de animais nos últimos anos, ultrapassando a sua capacidade de suporte, que seria de aproximadamente 1,0 animal ha⁻¹. A pastagem apresenta áreas de solo expostas; presença de plantas invasoras; erosão laminar; sinais de deficiência nutricional nas plantas e no gado que lá pastoreja, podendo ser classificada como uma pastagem degradada, devido à ausência de manejo, como adubação, calagem e renovação de pasto (Figura 11).



Figura 11-Aspecto da área de pastagem degradada com capim quicuío (*Brachiaria humidicola* cv. Humidicola) e diversas plantas invasoras, adjacente ao Campo Experimental Confiança - Embrapa, Cantá/ RR : Vegetação (A); Cobertura do solo (B) e Perfil do solo (C).

Fonte: Autor (2014).

3.3 COLETAS E ANÁLISES

3.3.1 Descrição dos horizontes do solo

Para a descrição morfológica dos solos foram abertas trincheiras de 1,5 m largura x 2 m de comprimento, com 1,5 m de profundidade com faces verticais lisas e bem iluminadas nos solos dos diferentes sistemas de uso da terra, a fim de exibir claramente o perfil, permitindo a observação de variáveis como: cor, profundidade dos horizontes, tipo de transição, ocorrência e tipo de concreções, presença de raízes e de fauna. Outras variáveis, como teor de matéria orgânica, de nitrogênio orgânico, e a granulometria dos horizontes foram determinadas a partir de amostras retiradas nestas trincheiras. As variáveis dos perfis foram analisadas de acordo com Embrapa (2011), Prado (2013) Fernandes (2014), Lepsch et al. (2015) e Santos et al. (2015).

3.3.2 Biomassa e teor de nutriente na serapilheira

Foram realizadas coletas de serapilheira, ou liteira fina, nos mesmos períodos e pontos de coleta das amostras de solo. Considerou-se como liteira fina todas as folhas, galhos ou ramos menores que 2 cm de diâmetro e as partes reprodutivas, flores, frutos e sementes, encontradas sobre a superfície do solo (ANDERSON; INGRAM, 1993). Em cada área amostral (sistema de uso da terra) foi definido um transecto na diagonal e marcados, sobre este transecto, quatro pontos amostrais distantes 10 m um do outro.

As amostras foram coletadas delimitando-se uma área de 625 cm² com uma moldura de madeira de 25 x 25 cm. Toda a liteira contida na área delimitada pela moldura foi coletada com o auxílio de uma faca. A serapilheira de cada ponto amostral foi acondicionada em um saco plástico e transportada para a casa-de-vegetação do Laboratório Temático de Solo e Plantas (LTSP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, em Manaus-AM. As amostras de serapilheira foram secas ao ar, limpas com o auxílio de pinças e pincéis, e triadas em quatro frações: folhas, galhos com menos de 2 cm de diâmetro, unidades reprodutivas e restos (parte do material vegetal retido entre peneiras de malha de 4 e 2 mm). Para as análises químicas da liteira, as cinco amostras de cada parcela foram homogeneizadas em uma amostra única e moídas em moinho de facas.

As análises químicas foram realizadas no LTSP do INPA em Manaus. Para as análises dos teores de P, K, Ca e Mg as amostras de liteira foram submetidas à digestão perclórica de acordo com Embrapa (2011). Os teores de K, Ca e Mg foram determinados utilizando espectrofotômetro de absorção atômica. O teor de N foi obtido pela destilação através da titulação Kjeldahl. O teor de P foi determinado usando molibdato de amônio e ácido ascórbico a 3 % com leitura da absorbância em espectrofotômetro a 660 nm. Todos seguindo a metodologia proposta pela Embrapa (2013).

Em cada sistema de uso da terra foi estimada, a partir de quatro coletas, a massa da serapilheira (folhas, flores, frutos, sementes e galhos ou ramos, com menos de 2 cm de diâmetro) contida nas áreas de 25 x 25 cm, delimitadas por uma moldura de madeira, de acordo com Lima et al. (2010) e Scoriza et al. (2012). Feita a triagem, o material coletado foi separado em dois grupos: folhas e outros (correspondendo aos demais fragmentos), o que e permitiu estimar também o volume da serapilheira em valores em t ha⁻¹.

3.3.3 Análises físicas do solo

Em cada sistema de uso da terra foram coletadas, no transecto em diagonal, quatro amostras simples de solo, distando 10 m uma da outra, em seis profundidades (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm e 40-60 cm) no período de novembro de 2013 a junho de 2014 para as determinações de densidade, porosidade e textura. As análises foram realizadas no laboratório Temático de Solo e Planta (LTSP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, em Manaus - AM, segundo metodologia proposta pela Embrapa (2011).

3.3.3.1 Densidade do solo

As amostras de solo para a determinação da densidade aparente foram obtidas com anel volumétrico, ou anel de Kopeck. Neste método, as amostras são coletadas com estrutura indeformada, utilizando um anel de aço de bordas cortantes e volume interno de 50 cm³. A base e a parte superior do anel foram fechadas, e os anéis transportados para o LTSP do INPA. O solo contido nos anéis foi seco em estufa a 110 °C durante 24 horas para a obtenção do peso constante, após fazer a retirada da estufa; e pesados para obter a massa seca do solo. A densidade aparente foi calculada utilizando-se a seguinte equação:

$$D_s = \frac{m_s}{V}$$

Onde: D_s = densidade do solo (g cm⁻³); m_s = massa seca do solo (g); V = volume do solo contido no anel (cm³).

3.3.3.2 Porosidade total

A porosidade foi calculada assumindo-se que a densidade de partículas (D_p) dos solos minerais brasileiros é de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$. Esse valor de densidade de partículas é apropriado para muitos tipos de solo, exceto para os solos vulcânicos (ELLIOT et al., 1986; FERREIRA, 2010). A porosidade foi calculada com a seguinte equação:

$$P_t = \frac{D_p - D_s}{D_p} \cdot 100$$

Onde: P_t = porosidade total (%); D_p = densidade das partículas minerais do solo ($2,65 \text{ g cm}^{-3}$); D_s = densidade do solo (g cm^{-3}).

3.3.3.3 Textura

A análise granulométrica determina a textura do solo, separando-o em classes. Para isso, utilizou-se o método do triângulo textural. De acordo com esse método, traçaram-se perpendiculares no triângulo, conforme os teores de argila, areia e silte, obtidos pela análise granulométrica (EMBRAPA, 2011).

Para a determinação das frações granulométricas do solo em argila silte e areia foram pesados 10 g de solo seco, que foi umedecido e teve sua MOS destruída (oxidada) com 10 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Após a oxidação da MOS, foi efetuada a eliminação do peróxido de hidrogênio por meio da adição de 300 mL de água, deixando-se a amostra ferver a $110 \text{ }^\circ\text{C}$ até a água ser reduzida para 200 mL. Para promover a dispersão dos agregados do solo foram adicionados 20 mL de pirofosfato de sódio ($\text{N}_4\text{P}_2\text{O}_7$), e a mistura agitada durante 5h em agitador rotatório. Em seguida, a mistura foi passada por uma peneira de malha de 0,053 mm, sendo retidas as frações de areia total (areia grossa + areia fina). A suspensão das frações de argila + silte fino + silte grosso, obtida pelo peneiramento, foi transferida para uma proveta de 1000 mL e completada com água. As frações contidas na suspensão foram determinadas pelo

método da pipeta (EMBRAPA, 2011), baseado na sedimentação das partículas. Todas as frações separadas foram secas em estufa a 110 °C e resfriadas em dessecador com sílica gel antes da pesagem. As proporções de areia, argila e silte foram expressas em g kg⁻¹.

3.3.4 Análise química do solo: pH, P, K, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³ e C orgânico

Nos mesmos pontos de coleta das amostras para as análises físicas do solo foram coletadas as amostras para as análises químicas. As análises foram realizadas no LTSP do INPA, em Manaus/AM, segundo metodologia proposta pela Embrapa (2013).

Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para a casa-de-vegetação do CTSP-INPA. Para a determinação do pH, P, K, Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³, as amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas em peneira de malha de 2 mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA). Determinaram-se as seguintes variáveis químicas das amostras de solo coletadas:

1. acidez ativa (pH em H₂O);
2. fósforo disponível (P em mg dm⁻³), cálcio trocável (Ca²⁺ em cmol_c dm⁻³), magnésio trocável (Mg²⁺ em cmol_c dm⁻³), potássio disponível (K em cmol_c dm⁻³), alumínio trocável (Al³⁺ em cmol_c dm⁻³);
3. acidez potencial (H+Al em cmol_c dm⁻³);
4. soma das bases (SB em cmol_c dm⁻³);
5. capacidade de troca de cátion em pH 7 (CTC em cmol_c dm⁻³);
6. saturação por bases (V em %) e por alumínio (m em %);
7. carbono orgânico (CO em g kg⁻¹);
8. matéria orgânica (MO = CO x 1,724 em dag kg⁻¹).

O pH, P, K, Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ foram determinados de acordo com os métodos descritos pela EMBRAPA (2013). O pH do solo foi determinado em H₂O na proporção solo: de 1:2,5. Os cátions Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ foram extraídos com KCl 1 M L⁻¹; o P e o K⁺ foram extraídos com duplo ácido (H₂SO₄ 0,0125 1 M L⁻¹ + HCl 0,05 1 M L⁻¹). Os cátions (Ca⁺², Mg⁺²

e K^+) foram determinados utilizando-se um espectrofotômetro de absorção atômica. O P foi determinado utilizando-se um espectrofotômetro de absorção molecular.

Para determinação do C orgânico foram utilizados 500 mg de solo, passados em peneira de malha de 0,5 mm, transferidos para Erlenmeyer de 500 mL, e adicionados 10 mL de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) $0,167 \text{ M L}^{-1}$ e 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado; agitou-se a mistura e, após 30 minutos, adicionou-se 200 mL de água destilada, 10 mL de H_3PO_4 concentrado e 1 mL de difenilamina 0,16%. A titulação do excesso de dicromato não reduzido foi realizada com sulfato ferroso amoniacal [$(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$] 1 mol L^{-1} (Sal de Mohr) (Walkley e Black, 1934).

3.3.5 Coleta e análises da mesofauna

Nos mesmos transectos onde foram coletadas as amostras para as análises físicas e químicas do solo, foram coletadas as amostras da mesofauna em cinco pontos amostrais distantes 8 m um do outro. As coletas foram realizadas nos meses de janeiro e agosto de 2014, correspondendo às estações seca e chuvosa da região. Nos pontos amostrais (repetições) foram coletados serapilheira e solo com o auxílio de uma sonda metálica de 7 cm x 7 cm, introduzida no solo a 5 cm de profundidade. As amostras foram transferidas para recipientes cilíndricos de capacidade de 300 mg e transportadas para o laboratório de Invertebrados Terrestres da Coordenação de Dinâmica Ambiental do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - CDAM/INPA em Manaus-AM.

As amostras foram transferidas para extratores de Berlese-Tüllgren, onde permaneceram por oito dias para permitir a completa separação da fauna dos demais materiais. A extração em funil de Berlese-Tullgren consiste na migração descendente da mesofauna em decorrência da elevação da temperatura, até cerca de $45 \text{ }^\circ\text{C}$, em decorrência do calor emanado por lâmpadas incandescentes de 25 W (Figura 12). Os indivíduos foram coletados em frascos de vidro com capacidade de 67 mL contendo solução de formol a 1 % e, posteriormente, fixados em álcool comercial 96 % + glicerina 1 % (AQUINO, 2006). As espécies foram identificadas adotando-se as técnicas propostas por Aquino (2006), Oliveira (2009 e 2015).



Figura 12-Funis Berlese-Tullgren para coleta de invertebrados no solo: lâmpada incandescente (A), funil (B), frasco de vidro (67 mL) (C).

A diversidade dos indivíduos coletados da mesofauna foi estimada pelo índice de Shannon-Wiener (H'). Este índice, baseado na teoria da informação (LUDWIG; REYNOLDS, 1988; SOUZA et al., 2011), fornece uma ideia quanto ao grau de incerteza em prever a qual espécie pertenceria um indivíduo retirado aleatoriamente da população. O aumento do número de espécies, ou o aumento da uniformidade das abundâncias, aumenta a diversidade. Este índice fornece maior peso para as espécies raras e é obtido pela equação:

$$H' = -\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Onde: H' = Índice de Shannon-Weaver; n_i = Número de indivíduos amostrados da i -ésima espécie; N = número total de indivíduos amostrados; S = número total de espécies amostradas; \ln = logaritmo de base neperiana.

Quanto maior for o valor de H' , maior será a diversidade faunística da população em estudo. Este índice pode expressar riqueza e uniformidade.

Para quantificar o componente de equitatividade (uniformidade) da diversidade foi utilizado o índice de Pielou. Este índice varia no intervalo [0,1], onde 1 representa a máxima diversidade, descrito por Margaleff (1989); ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes; e é calculado pela fórmula:

$$Pi = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Pi = Equitatividade de Pielou; H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver; H_{\max} = número total de espécies amostradas.

3.3.6 Delineamento experimental e análise estatística dos dados

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito tratamentos (os sistemas de uso da terra) com quatro amostras simples em seis níveis de profundidades para os estudos das variáveis físicas, químicas e serapilheira na superfície. Para as análises de mesofauna foram coletadas em cinco pontos amostrais. Para investigar a influência dos manejos nos diversos sistemas de uso da terra, foi utilizada a análise de variância a 5% de significância, tendo a equivalência entre os valores médios variáveis como hipótese nula (H_0) e a não equivalência como hipótese alternativa (H_1). Os dados coletados foram submetidos a teste de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilks e homogeneidade de variâncias mediante teste de Hartley, e foram transformados à raiz quadrada de $x + 0,5$. Os dados obtidos nas análises físicas, químicas e biomassa, e teor de nutrientes na serapilheira foram submetidos à análise de variância ANOVA e, quando significativos, ao teste de separação de médias de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa estatístico Assistat - versão 7,7- beta (SILVA e AZEVEDO, 2009).

A análise de componentes principais (ACP) foi elaborada a partir de variáveis mais significativas dentro do conjunto de dados obtidos entre as variáveis físicas, químicas e biológicas para obter um conjunto menor de combinações lineares das variáveis que preservasse a maior parte das informações fornecidas pelas variáveis originais (SILVA et al., 2010). A análise de componentes principais possibilita avaliar como os atributos interagem, qualitativamente, ao mesmo tempo. Os valores originais foram normalizados para média igual a 0 e variância igual a 1, a fim de compor as variáveis utilizadas na ACP (HAIR et al., 2005).

Considerando-se a estrutura multivariada dos dados, foram empregadas técnicas estatísticas para agrupá-los por meio das semelhanças entre os atributos físicos, químicos e biológicos. Foi realizada a análise de agrupamento por método hierárquico, usando a distância euclidiana como medida de semelhança entre os registros. Todas as análises estatísticas foram processadas com auxílio do programa estatístico info-Gen, versão 2012 (BALZARINI et al., 2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MORFOLOGIA DO SOLO

4.1.1 Floresta primária

No perfil do solo sob floresta primária, foi observada uma camada orgânica de até 14 cm de profundidade, cor clara; e, até os 27 cm de profundidade, intensa atividade biológica, principalmente de cupins e formigas (Tabela 1). Presença abundante de raízes finas e raras raízes médias a grossas; presença de blocos subangulares pequenos e muito pequenos. Horizonte AB entre 14 e 27 cm de profundidade, com blocos estruturais angulares médios e pequenos. Horizonte Bt1 entre 27 e 100 cm de profundidade, com blocos estruturais angulares pequenos, muito cascalhento, com transição abrupta e cores mosqueadas ou variegadas.

A textura foi classificada como média. A partir de 30 cm de profundidade, observou-se a presença de horizonte concrecionário, com concreções de ferro e de alumínio, estendendo-se a mais de um metro de profundidade, ocasionando limitação no desenvolvimento de raízes e à

presença da fauna. O teor de matéria orgânica foi de 40,37 dag kg⁻¹ na camada superficial, diminuindo com o aumento da profundidade e atingindo, na camada superior a 100 cm de profundidade, o teor de 2,77 dag kg⁻¹. O pH apresentou correlação negativa com o teor de matéria orgânica do solo, com valores crescentes com o aumento da profundidade. Com base nas características morfológicas levantadas, o solo foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013).

Tabela 1-Descrição dos horizontes em perfil do solo sob floresta nativa no Campo Experimental Confiança - Embrapa, Cantá/RR: morfologia dos horizontes genéticos e dados das análises granulométrica e química.

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Cor do solo ¹		Concreções	Fauna (1)		
			Seco	Úmido		Raízes (2)		
Ap	0 - 14	Gradual	10YR 5/4	10YR 4/3	Ausência	1 e 2		
AB	14 - 27	Abrupta	10YR 6/6	10YR 5/8	Ausência	1 e 2		
Btf1	27 - 100	Abrupta	10YR 7/8	7,5YR 5/6	Fortes	-		
Btf2	100 - 150+	-	5YR 5/8	2,5YR 5/6	Presença	2		
		Granulometria (%)			pH (H ₂ O)	Teores (g kg ⁻¹)		
		Areia	Silte	Argila		C	MO	N
Ap	0 - 14	58,12	14,50	27,38	4,19	23,42	40,37	1,17
AB	14 - 27	58,95	12,56	28,49	4,55	13,15	22,68	0,65
Btf1	27 - 100	45,39	10,88	43,73	4,97	5,29	9,13	0,26
Btf2	100 - 150+	54,34	17,14	28,52	5,30	1,60	2,77	0,08

¹Segundo o sistema de cores de Munsell (WYSZECKI e STILES, 1982)

4.1.2 Capoeira ou floresta secundária

O perfil do solo sob capoeira apresentou uma camada orgânica de até 10 cm de profundidade, com blocos angulares médios e pequenos; alta porosidade, com grande atividade biológica, principalmente de cupins e formigas, com presença abundante de raízes finas e muito finas e rara de raízes médias (Tabela 2). Em profundidades maiores que 128 cm, foi observado horizonte concrecionário, com blocos estruturais angulares, pequenos, muito cascalhento pela presença de plintita, formação constituída de mistura de argila pobre em carbonato orgânico e rica em ferro e alumínio, com grãos de quartzo e outros minerais, apresentando-se em forma de mosqueado vermelho.

O pH foi próximo a 4,9, com valores mais altos nas camadas em que foram observadas as concreções. O solo foi classificado como de textura média, com maior concentração de

matéria orgânica nas duas primeiras camadas (37,61 dag kg⁻¹ na camada mais superficial), diminuindo com o aumento da profundidade e atingindo, na camada superior a 128 cm de profundidade, o teor de 4,70 dag kg⁻¹, gerando pH que aumenta com o aumento da profundidade, estando sob efeito da mineralização da matéria orgânica equivalente ao comportamento da floresta. Com base nas características morfológicas levantadas, o solo foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico com textura média (EMBRAPA, 2013).

Tabela 2-Descrição dos horizontes em perfil do solo sob capoeira no Campo Experimental Confiança - Embrapa, Cantá/RR: morfologia dos horizontes genéticos e dados das análises granulométrica e química.

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Cor do solo ¹		Concreções	Fauna (1)		
			Seco	Úmido		Raízes (2)		
Ap	0 - 10	Clara	10YR 5/2	10YR 3/3	Ausência	1 e 2		
AB	10 - 22	Clara	10YR 5/3	10YR 4/4	Ausência	1 e 2		
BA	22 - 38	Gradual	10YR 6/6	10YR 5/6	Ausência	2		
Bw1	38 - 70	Difusa	7,5YR 7/8	7,5YR 5/8	Ausência	2		
Bw2	70 - 128	Clara	7,5YR 6/8	7,5YR 5/8	Presença	2		
Bf	128 - 150 ⁺	-	5YR 5/6	-	Forte	-		
		Granulometria (%)			pH (H ₂ O)	Teores (g kg ⁻¹)		
		Areia	Silte	Argila		C	MO	N
Ap	0 - 10	61,97	9,61	28,42	4,10	21,81	37,61	0,11
AB	10 - 22	58,65	9,30	32,05	4,17	16,36	28,21	0,81
BA	22 - 38	56,05	8,10	35,85	4,40	9,78	16,87	0,49
Bw1	38 - 70	40,47	12,74	46,74	4,57	5,13	8,85	0,26
Bw2	70 - 128	41,67	12,56	45,77	4,80	3,21	5,53	0,16
Bf	128 - 150 ⁺	46,99	15,16	37,85	4,96	2,73	4,70	0,14

¹Segundo o sistema de cores de Munsell (WYSZECKI e STILES, 1982)

4.1.3 Sistema de floresta plantada

O perfil do solo sob floresta plantada apresentou o horizonte orgânico de até 10 cm de profundidade, com blocos subangulares médios e pequenos; grande atividade biológica de cupins e presença abundante de raízes finas. Horizonte BA, com transição clara, ocupando a faixa de 10-25 cm de profundidade, com blocos estruturais subangulares médios e pequenos, com a presença de atividade biológica com fauna e raízes. Nos demais horizontes, também foi

observada a presença de fauna e de raízes. Não foram observadas concreções nos horizontes estudados, e o pH se manteve próximo a 4,5 em quase todos os horizontes (Tabela 3).

Tabela 3-Descrição dos horizontes em perfil do solo sob floresta plantada com *Acacia mangium* no Campo Experimental Confiança-Embrapa, Cantá/RR: morfologia dos horizontes genéticos e dados das análises granulométricas e químicas.

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Cor do solo ¹		Concreções	Fauna (1)			
			Seco	Úmido		Raízes (2)			
Ap	0 - 10	Adrupta	10YR 5/3	10YR 4/3	Ausência	1 e 2			
BA	10 - 25	Gradual	10YR 7/6	10YR 5/8	Ausência	1 e 2			
BW1	25 - 95	Difusa	7,5YR 5/8	7,5YR 7/8	Ausência	2			
Bw2	95 - 150 ⁺	-	7,5YR 7/8	7,5YR 6/8	Ausência	1 e 2			
			Granulometria (%)			Teores (g kg ⁻¹)			
			Areia	Silte	Argila	pH (H ₂ O)	C	MO	N
Ap	0 - 10		58,04	11,45	30,51	4,58	19,41	33,46	0,97
BA	10 - 25		47,65	10,88	41,47	4,58	6,42	11,06	0,32
BW1	25 - 95		39,18	15,15	45,67	4,46	3,69	6,36	0,18
Bw2	95 - 150 ⁺		39,39	20,35	40,26	4,86	2,57	4,42	0,13

¹Segundo o sistema de cores de Munsell (WYSZECKI e STILES, 1982)

A textura do solo foi classificada como média; e com base nas características morfológicas levantadas, o solo foi classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013), com grande concentração de matéria orgânica nos dois primeiros horizontes, e pH que aumenta com o aumento da profundidade em decorrência da mineralização da matéria orgânica, equivalente ao comportamento do solo sob floresta.

4.1.4 Sistema agroflorestal de baixo insumo

O perfil do solo sob Sistema agroflorestal de baixo insumo (SA1) apresentou a camada orgânica de até 11 cm de profundidade, de cor clara, e apresentando, até 24 cm de profundidade, grande atividade biológica, principalmente de cupins e de formigas. Presença abundante de raízes finas, e rara de raízes médias; presença de blocos subangulares pequenos e muito pequenos (Tabela 4).

Tabela 4-Descrição dos horizontes em perfil do solo sob sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1) no Campo Experimental Confiança-Embrapa, Cantá/RR: morfologia dos horizontes genéticos e dados das análises granulométricas e químicas.

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Cor do solo ¹		Concreções	Fauna (1)			
			Seco	Úmido		Raízes (2)			
Ap	0 - 11	Clara	10YR 2/6	10YR 5/2	Ausência	1 e 2			
AB	11 - 24	Gradual	10YR 6/4	10YR 5/3	Ausência	1 e 2			
BA	24 - 42	Clara	10YR 7/3	10YR 6/4	Presença	2			
Bw1	42 - 80	Difusa	10YR 7/6	10YR 6/8	Presença	1 e 2			
Bw2	80 - 150 ⁺	-	7,5YR 6/8	10YR 6/6	Ausência	2			
			Granulometria (%)			Teores (g kg ⁻¹)			
			Areia	Silte	Argila	pH (H ₂ O)	C	MO	N
Ap	0 - 11		60,60	14,04	25,36	4,52	13,47	23,23	0,67
AB	11 - 24		61,18	8,69	30,13	4,40	8,34	14,38	0,41
BA	24 - 42		54,10	9,40	36,50	4,25	6,42	11,06	0,32
Bw1	42 - 80		47,11	9,10	43,79	4,27	4,01	6,91	0,20
Bw2	80 - 150 ⁺		52,97	11,07	35,96	4,21	2,57	4,42	0,12

¹Segundo o sistema de cores de Munsell (WYSZECKI e STILES, 1982)

Em profundidades maiores, entre 24 a 80 cm, observou-se horizonte concrecionário, com blocos estruturais angulares pequenos, muito cascalhento pela presença plintita, apresentando-se em forma de mosqueado vermelho. Neste horizonte, as concreções dificultam o desenvolvimento de raízes, de fauna, e limitam a infiltração de água. O pH manteve-se próximo a 4,5, com os menores valores nos horizontes mais profundos. A textura do solo foi classificada como média.

Com base nas características morfológicas levantadas, o solo foi classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013).

4.1.5 Sistema agroflorestal de alto insumo

O perfil do solo sob sistema agroflorestal de alto insumo (SA2) apresentou a camada orgânica de até 14 cm de profundidade, com blocos subangulares pequenos e muito pequenos, com grande atividade biológica, principalmente de cupins e formigas, presença de minhocas, presença abundante de raízes finas e rara de raízes médias (Tabela 5).

Tabela 5-Descrição dos horizontes em perfil de solo sob sistema agroflorestal com alto insumo no Campo Experimental Confiança-Embrapa, Cantá/RR: morfologia dos horizontes genéticos e dados das análises granulométricas e químicas.

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Cor do solo ¹		Concreções	Fauna (1)		
			Seco	Úmido		Raízes (2)		
Ap	0 - 14	Clara	10YR 6/2	10YR 4/2	Ausência	1 e 2		
AB	14 - 30	Gradual	10YR 6/4	10YR 5/4	Ausência	1 e 2		
BA	30 - 50	Gradual	10YR 7/3	7,5YR 6/6	Ausência	2		
Bw1	50 - 100	Difusa	10YR 7/6	7,5YR 6/6	Forte	2		
Bw2	100 - 150 ⁺	-	7,5YR 6/8	7,5YR 5/6	Presença	2		
		Granulometria (%)			pH (H ₂ O)	Teores (g kg ⁻¹)		
		Areia	Silte	Argila		C	MO	N
Ap	0 - 14	69,42	23,41	7,17	4,94	12,83	22,12	0,64
AB	14 - 30	60,66	27,07	12,27	4,78	8,02	13,83	0,40
BA	30 - 50	47,57	41,02	11,41	4,91	5,13	8,85	0,25
Bw1	50 - 100	44,20	16,45	39,35	4,66	3,37	5,81	0,17
Bw2	100 - 150 ⁺	49,14	13,33	37,53	5,10	2,09	3,59	0,10

¹Segundo o sistema de cores de Munsell (WYSZECKI e STILES, 1982)

Em profundidades de 50 a 100 cm, observou-se horizonte concrecionário, com blocos estruturais angulares, pequenos e muito cascalhento pela presença de plintita. Neste horizonte, as concreções dificultam o desenvolvimento de raízes da fauna, e limitam a infiltração de água. O pH mantêm-se próximo a 4,9, com os menores valores nos horizontes em que foram observadas as concreções (pH 4,6). A textura do solo foi classificada como média.

Com base nas características morfológicas levantadas, o solo foi classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013).

4.1.6 Cultivo de pupunheira

O perfil do solo sob cultivo de pupunheira apresentou a camada orgânica de até 12 cm de profundidade, com blocos angulares e subangulares médios e pequenos. Grande atividade biológica, principalmente de cupins e minhocas, presença de raízes finas e muito finas, bastante poroso (Tabela 6).

Tabela 6-Descrição dos horizontes do perfil do solo sob cultivo de pupunheira no Campo Experimental Confiança-Embrapa, Cantá/RR: morfologia dos horizontes genéticos e dados das análises granulométricas e químicas.

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Cor do solo ¹		Concreções	Fauna (1)			
			Seco	Úmido		Raízes (2)			
Ap	0 – 12	Clara	10YR 5/2	10YR 3/2	Ausência	1 e 2			
BA	12 -24	Clara	10YR 7/6	10YR 5/4	Ausência	1 e 2			
BW1	24 – 55	Difusa	10YR 7/4	10YR 6/8	Ausência	1 e 2			
Bw2	55 – 98	Difusa	10YR 6/8	10YR 6/6	Ausência	2			
Bw3	98 - 150 ⁺	-	7,5YR 6/8	7,5YR 6/6	Ausência	2			
			Granulometria (%)		pH (H ₂ O)	Teores (g kg ⁻¹)			
			Areia	Silte		Argila	C	MO	N
Ap	0 – 12		67,84	9,36	22,82	4,82	20,05	34,57	1,00
BA	12 -24		57,22	9,67	33,11	4,55	9,94	17,14	0,49
BW1	24 – 55		52,45	7,58	39,97	4,12	5,61	9,68	0,28
Bw2	55 – 98		47,86	11,27	40,87	4,30	3,69	6,36	0,18
Bw3	98 - 150 ⁺		45,36	13,81	40,83	3,85	2,57	4,42	0,12

¹Segundo o sistema de cores de Munsell (WYSZECKI e STILES, 1982)

O solo foi classificado como de textura média, com grande concentração de matéria orgânica nos dois primeiros horizontes, e pH que diminui com o aumento da profundidade. Em profundidades, não se observou horizonte concrecionário com transições clara e difusa. O pH mantêm-se próximo a 4,5, com os menores valores nos horizontes mais profundos (3,85).

Com base nas características morfológicas levantadas, o solo foi classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013).

4.1.7 Pastagem manejada

O perfil do solo sob pastagem manejada apresentou o horizonte orgânico de até 10 cm de profundidade, com blocos subangulares médios e pequenos. Grande atividade biológica, principalmente de cupins, presença abundante de raízes finas. No horizonte BA, entre 10-29 cm de profundidade, observou-se transição clara, presença de blocos estruturais subangulares médios e pequenos, presença de atividade biológica com fauna e raízes (Tabela 7). Nos demais horizontes, ausência total de fauna e presença de raras raízes em blocos estruturais, angulares grandes que se desfazem em pequenos.

Tabela 7-Descrição dos horizontes em perfil do solo sob pastagem manejada com capim quicuiu no Campo Experimental Confiança-Embrapa, Cantá/RR: morfologia dos horizontes genéticos e dados das análises granulométricas e químicas.

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Cor do solo ¹		Concreções	Fauna (1) Raízes (2)
			Seco	Úmido		
Ap	0 - 10	Clara	7,5YR 6/1	7,5YR 4/1	Ausência	1 e 2
BA	10 - 29	Gradual	10YR 7/6	10YR 6/6	Ausência	1 e 2
BW1	29 - 62	Difusa	10YR 7/8	10YR 6/8	Ausência	2
Bw2	62- 125	Clara	10YR 7/6	10YR 6/8	Forte	-
Bwf	125 - 150 ⁺	-	10YR 8/6	10YR 7/8	Forte	-

Horizonte	Profundidade (cm)	Granulometria (%)			pH (H ₂ O)	Teores (g kg ⁻¹)		
		Areia	Silte	Argila		C	MO	N
Ap	0 - 10	65,81	10,47	23,72	4,75	17,16	29,59	0,85
BA	10 - 29	55,63	32,00	12,37	4,82	8,50	14,66	0,42
BW1	29 - 62	47,39	13,58	39,03	4,60	4,33	7,47	0,22
Bw2	62- 125	46,89	13,89	39,22	4,95	3,53	6,08	0,18
Bwf	125 - 150 ⁺	46,05	14,34	39,61	5,05	3,37	5,81	0,17

¹Segundo o sistema de cores de Munsell (WYSZECKI e STILES, 1982)

Presença de fortes concreções a partir do horizonte Bw2 na profundidade de 62 a 125 cm. No horizonte seguinte, Bwf, em profundidades maiores que 125 cm aparecem matacões (blocos de rochas) correspondendo a mais de 80% da massa do solo. O pH, na faixa de 4,3, é considerado muito baixo para a atividade agrícola, com os menores valores observados nas camadas superiores, aumentando com o aumento da profundidade. A textura do solo foi classificada como média, com base nas características morfológicas levantadas, com grande concentração de matéria orgânica nas duas primeiras camadas, estando sob o efeito da mineralização da matéria orgânica equivalente ao da floresta.

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013).

4.1.8 Pastagem alterada

No perfil do solo sob pastagem alterada, foi observada, na camada orgânica de até 10 cm de profundidade com blocos subangulares grandes, médios e pequenos, grande atividade biológica de cupins, presença comum de raízes finas e muito finas (Tabela 8). Nos demais horizontes, observou-se ausência de fauna e de raízes.

Tabela 8-Descrição dos horizontes em perfil do solo de pastagem alterada: morfologia dos horizontes genéticos e análises granulométricas e químicas.

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Cor do solo ¹		Concreções	Fauna (1) Raízes (2)		
			Seco	Úmido				
Ap	0 - 10	Clara	10YR 5/2	7,5YR 4/2	Ausência	1 e 2		
BA	10 -25	Difusa	10YR 7/8	10YR 6/8	Ausência	2		
BW1	25 - 60	Difusa	10YR 7/6	10YR 6/8	Ausência	2		
Bw2	60 - 100	Difusa	10YR 7/6	7,5YR 6/8	Ausência	-		
Bw3	100 - 150 ⁺	-	10YR 7/8	7,5YR 6/8	Ausência	-		
		Granulometria (%)			pH(H ₂ O)	Teores (g kg ⁻¹)		
		Areia	Silte	Argila		C	MO	N
Ap	0 - 10	63,57	10,95	25,48	4,02	15,88	27,38	0,79
BA	10 -25	56,70	10,15	33,15	3,92	8,50	14,66	0,42
BW1	25 - 60	52,87	8,81	38,32	4,18	4,65	8,02	0,23
Bw2	60 - 100	43,92	15,68	40,40	4,60	3,85	6,64	0,19
Bw3	100 - 150 ⁺	43,81	16,30	39,89	4,61	2,73	4,70	0,14

¹Segundo o sistema de cores de Munsell (WYSZECKI e STILES, 1982)

Presença de blocos estruturais angulares grandes, médios e pequenos; ou grandes que se desfazem em pequenos. Presença de carvão e vestígios de atividade biológica. O pH na faixa de 4,3 é considerado muito baixo para atividade agrícola, com os menores valores nas camadas superficiais, aumentando ligeiramente à medida que aumenta a profundidade. O solo é classificado como de textura média; e com base nas características morfológicas levantadas, o solo foi classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013).

4.2 SERAPILHEIRA

4.2.1 Teor de nutriente na serapilheira

A serapilheira ocupa importante função do ciclo biogeoquímico, que se inicia com o acúmulo do nutriente na biomassa e a transferência desses nutrientes para o solo mediante a decomposição e a lixiviação; e conclui-se com a reabsorção do nutriente pela planta. Os tecidos foliares representaram o maior volume das serapilheiras coletadas; e nesses tecidos, os mais elevados teores de N total foram encontrados nos sistemas FLO, SA1, SA2 e PA2 (Tabela 9).

O mais elevado teor de fósforo foi encontrado no sistema PA2, que apresentou diferença significativa em relação aos demais sistemas de usos da terra. Esse fato pode estar relacionado ao baixo volume de serapilheira no sistema pastagem alterada, concentrando os níveis de fósforo nas menores porções foliares, podendo atuar como abrigo de resíduos orgânicos providos da atividade pecuária. Os mais elevados teores de cálcio foram encontrados no solo sob CAP, que apresenta a maior diversidade vegetal entre os sistemas que favorecem a qualidade da serapilheira.

Os mais elevados teores de magnésio foram encontrados nos sistemas CAP e PUP; e os mais baixos, nos sistemas agroflorestais (SA1 e SA2), devido à baixa qualidade dos resíduos foliares da folha da castanheira e cupuaçuzeiros que representam maior volume da serapilheira nesses sistemas. Os mais elevados teores de potássio foram encontrados nos sistemas SFP, SA2 e PA2, diferindo dos demais tratamentos.

A diferença observada nos teores de nutrientes da serapilheira nos diferentes sistemas de uso da terra pode ser atribuída à fitofisionomia e às variações nas concentrações de nutrientes entre o folheto e a serapilheira dos sistemas de uso da terra que apresentam composição variada, influenciando na intensidade do processo de ciclagem biogeoquímica dos nutrientes contidos na serapilheira (NASCIMENTO et al., 2015; MARKLEIN et al., 2016).

Tabela 9-Teores de nutrientes da serapilheira (N=4) sob diversos sistemas de uso da terra no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				
FLO	13,58a ²	0,21b	1,96b	3,42c	1,40c
CAP	9,41b	0,30b	0,64b	14,65a	3,55a
SFP	9,13b	0,32b	3,35a	2,68c	2,00b
SA1	11,27a	0,17b	1,21b	3,83c	1,42c
SA2	12,88a	0,14b	3,35a	4,66c	1,76c
PUP	8,92b	0,25b	0,71b	9,79b	3,59a
PA1	6,65b	0,32b	1,85b	2,67c	2,50b
PA2	13,97a	0,56a	2,54a	7,91b	2,28b
CV% ³	15,51	26,78	58,93	32,20	17,63
DP ⁴	2,35	1,93	1,07	3,34	0,71

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de serapilheira. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV = coeficiente de variação.

⁴DP = desvio padrão.

Outros estudos concluem que os sistemas de uso da terra que possuem sistemas radiculares mais desenvolvidos são capazes de absorver nutrientes em horizontes mais profundos. E esses nutrientes são, posteriormente, depositados como serapilheira (MENEZES et al., 2002; TIESSEN et al., 2003; SILVA et al., 2013). Outro fator importante a ser observado é que, embora a cobertura do solo no sistema PA2 (pastagem degradada) seja menor, apresentou valores qualitativos superiores de nutrientes (P, N e K) na serapilheira, que podem ser atribuídos a resíduos orgânicos animais aderidos à serapilheira (MOREIRA e SILVA, 2004; GODINHO, 2011).

Nos resultados de estoque de serapilheira (Tabela 10), pode-se observar que as folhas representam o maior volume do material orgânico depositado sobre o solo em todos os sistemas de uso da terra estudados, com exceção dos sistemas PA2 e PUP, onde o componente “outros” apresentou o maior volume. Nos sistemas PA1, FLO, SA2 e SA1, as folhas representaram 95,68 %, 73,50 %, 72,72 % e 72,21 %, respectivamente, do volume total da serapilheira. Dentre as fitofisionomias ou sistemas de uso da terra estudados, os sistemas PUP e PA2 apresentaram menor estoque de serapilheira, diferindo estatisticamente dos demais.

O estoque de serapilheira variou de 0,45 t ha⁻¹ do sistema PA2 a 6,43 t ha⁻¹ do SFP. Esses resultados expressam a extremidade dos sistemas de usos da terra em relação à cobertura vegetal e à adaptação da espécie *Acacia mangium* em formação de biomassa e acumulação na serapilheira sobre o solo, devido à menor atividade da biota decompositora que segue um gradiente latitudinal e altitudinal inverso ao da produção da mesma (NUNES et al., 2012).

Tabela 10-Estoque de serapilheira (N=4) sob diversos sistemas de uso da terra no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Folhas	Outros	Total
	-----	Mg ha ⁻¹ -----	-----
FLO	3,23a ²	1,24a	4,47a
CAP	2,05b	2,02a	4,07a
SFP	4,08a	2,35a	6,43a
SA1	3,90a	1,36a	5,25a
SA2	3,69a	1,40a	5,09a
PUP	0,66b	1,82a	2,48b
PA1	4,96a	0,21b	5,16a
PA2	0,03b	0,42b	0,45b
CV ³	42,07	49,83	35,49
DP ⁴	10,04	0,79	1,74

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de serapilheira. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV = coeficiente de variação.

⁴DP = desvio padrão.

Os sistemas com pastagens (PA1 e PA2) são constituídos com gramíneas C4, que são consideradas por muitos autores como fotossinteticamente mais eficientes na produção de fitomassa do que as leguminosas (DIAS et al., 2007; SILVA et al., 2013), o que favoreceu a produção de fitomassa e, conseqüentemente, na deposição de material ao solo do sistema PA1, aumentando o volume da serapilheira. Diferentemente é o sistema PA2 que, embora seja constituído por plantas C4, foi instalado em área com solo mais denso sob intensa carga animal, comprometendo o desenvolvimento vegetal; fatos já observados em outros trabalhos na região (MATOSO et. al., 2012; CRUZ et al., 2014).

Sobre o solo do plantio de pupunheira (PUP) foi observada baixa cobertura, constituída, principalmente, de resíduos foliares de pupunheiras (74,11%) com estoque aproximado de $2,48 \text{ t ha}^{-1}$. No entanto, a serapilheira oriunda da poda de folhas de pupunheiras, realizada 90 dias antes, já estava decomposta na ocasião da coleta, evidenciando a rápida mineralização dos resíduos orgânicos na área.

4.3 VARIÁVEIS FÍSICAS DO SOLO

As variáveis físicas do solo, como densidade, porosidade e textura são propriedades-chaves para o solo, sendo consideradas como indicadores da qualidade estrutural do solo por influenciarem outras propriedades, como infiltração, permeabilidade, aeração e drenagem; além da retenção de água, favorecendo o desenvolvimento radicular (FERREIRA, 2010; PÁDUA et al., 2015).

4.3.1 Densidade e porosidade do solo

De acordo com os resultados das análises de densidade e de porosidade (Tabela 11), os solos apresentaram as menores densidades e maiores porosidades na camada superficial (0-5 cm), com exceção do tratamento pastagem alterada (PA2), que apresentou comportamento inverso, com a menor densidade e maior porosidade nas camadas mais profundas (30-40 cm e 40-60 cm). Os solos sob FLO e CAP apresentaram as menores densidades nas duas camadas superficiais (0-5 cm e 5-10 cm) entre os sistemas de uso da terra. A camada de 0-5 cm foi a que apresentou maior contraste entre os sistemas de usos da terra com a menor densidade atribuída ao sistema CAP ($1,06 \text{ g cm}^{-3}$) e à maior densidade atribuída ao sistema PA2 ($1,66 \text{ g cm}^{-3}$) devido, principalmente, ao efeito positivo da atividade biológica presente no sistema CAP, que favorece a porosidade do solo; e, inversamente, o efeito negativo do pisoteio bovino no sistema PA2. A camada de 5-10 cm seguiu a disposição da camada de 0-5 cm. As demais camadas tendem a seguir homogeneamente, com níveis aproximados de densidade e porosidade entre os sistemas de usos da terra.

A comparação das propriedades físicas (densidade e porosidade) do solo nos diversos sistemas de uso e manejo em relação ao sistema FLO, sistema de referência, constatou que houve degradação da estrutura do solo cultivado, com base no aumento da densidade do solo, diminuição da porosidade total, podendo influir na diminuição da taxa de infiltração da água, percebida com maior clareza nas camadas superficiais. No entanto, o sistema CAP mostrou capacidade de resiliência no estabelecimento dos níveis satisfatórios de porosidade e densidade. A densidade da capoeira (CAP) foi menor do que a da floresta nativa (FLO) em todos os níveis de profundidade, com exceção da camada de 5-10 cm, que não apresentou diferenças. Esse fato tem grande relação com os níveis de coesão observados nas camadas mais superficiais do sistema FLO que, embora seja floresta nativa, está sob camadas de concreções mais próximas da superfície. Fato percebido nos estudos de Guedes et al. (2012) e Pádua et al. (2015).

Foi observada a influência da diversidade vegetal sob a umidade do solo e teor de matéria orgânica, que favorece e reduz a densidade do solo na camada superficial, podendo amenizar o processo de erosão e infiltração de água. Fato observado também nos trabalhos de Matoso et al. (2012), com exceção do solo sob PA2, que apresentou dinâmica diferente com densidade $\geq 1,47 \text{ g cm}^{-3}$.

Assim, as melhores taxas de porosidade total do solo foram detectadas em solos sob floresta e capoeira, que pode representar um indicativo de ambiente pouco perturbado com menor intervenção antrópica e mais protegido das intempéries (sol, chuva e vento), seguindo a tendência de aumento de densidade e diminuição da porosidade com o aumento da profundidade em cada sistema, o que confirma as observações de Cruz et al. (2014).

Os resultados obtidos no solo do tratamento PA2 corroboram com os de Araújo et al. (2011), apresentando dinâmica inversa aos demais sistemas de uso da terra com maior densidade ($1,66 \text{ g cm}^{-3}$) na camada superficial; e com aumentos de 31 e 25 % nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm em relação ao tratamento testemunha (FLO), respectivamente.

Esse incremento pode estar relacionado com o pisoteio do gado, com o impacto direto das gotas de chuva, e a exposição do solo a ciclos de umedecimento e secagem. Diferentemente dos demais sistemas que mitigaram os efeitos em relação ao umedecimento e secagem com a eficiência da cobertura vegetal, diminuindo a formação de camada selante; ou no encostramento do solo, verificado em outros trabalhos em pastagem na Amazônia, que constataram maiores densidades na camada superficial (0-10 cm) em Argissolo Amarelo na

Amazônia, e menores densidades no solo sob mata nativa; e comportamento inverso da porosidade (ARAÚJO et al., 2004; SILVA et al., 2015).

Tabela 11–Densidade (Ds) e porosidade total (Pt) dos solos sob diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm) ²					
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20-30	30 - 40	40-60
----- Ds (g cm ⁻³) -----						
FLO	1,26cC	1,30bC	1,40bB	1,63aA	1,66aA	1,56aA
CAP	1,06dD	1,22bC	1,30cB	1,44bA	1,43bA	1,36bB
SFP	1,40bB	1,48aB	1,59aA	1,60aA	1,43bB	1,35bB
SA1	1,39bB	1,57aA	1,67aA	1,61aA	1,40bB	1,39bB
SA2	1,44bA	1,55aA	1,56aA	1,59aA	1,51bA	1,46aA
PUP	1,41bB	1,56aA	1,63aA	1,62aA	1,47bB	1,44bB
PA1	1,24cC	1,36bB	1,49bA	1,59aA	1,40bB	1,39bB
PA2	1,66aA	1,63aA	1,66aA	1,64aA	1,47bB	1,47aB
CV1 ³	6,66	CV2 ⁴	5,22			
----- Pt (%) -----						
FLO	52,45bB	50,94aA	47,17bA	38,49bA	37,36bB	41,13bB
CAP	60,00aA	53,96aA	50,94aA	45,66aA	46,04aB	48,68aA
SFP	47,17cC	44,15bB	40,00cB	39,62bA	46,04aA	49,06aA
SA1	47,55cC	40,75bC	36,98cB	39,25bA	47,17aA	47,55aA
SA2	45,66cD	41,51bC	41,13cB	40,00bA	43,02aB	44,91bB
PUP	46,79cC	41,13bC	38,49cB	38,87bA	44,53aA	45,66aA
PA1	53,21bB	48,68aB	43,77bB	40,00bA	47,17aA	47,55aA
PA2	37,36dD	38,49bC	37,36cB	38,11bA	44,53aA	44,53bA
CV1 ³	6,66	CV2 ⁴	5,22			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

As alterações observadas neste estudo estão, provavelmente, associadas à maior pressão mecânica sobre o solo, exercida, principalmente no caso do tratamento PA2, pelo pisoteio dos animais e pela redução no teor de matéria orgânica ocorrida pela dificuldade do desenvolvimento da cobertura vegetal e exposição do solo; e acompanham outros estudos sob o efeito do pisoteio em pastagem (CARDOSO et al., 2011; TRILLERAS et al., 2015).

Mesmo tendo havido aumento significativo da densidade na maioria dos sistemas de usos da terra, os valores observados encontram-se abaixo do limite ($2,65 \text{ g cm}^{-3}$) considerado como restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular (ARSHAD et al., 1996). Esperava-se que na camada de 0-20 cm de profundidade fossem encontradas as menores densidades e as maiores porosidade nos solos dos tratamentos, devido, principalmente, ao maior teor de matéria orgânica e à grande atividade biológica presente na camada de solo agrícola; fato confirmado pelos resultados, exceção do sistema PA2, confirmando a dinâmica observada em outros estudos (CARVALHO et al., 2014; GUBIANI et al., 2014; BARROS; FEARNSSIDE, 2015).

A correlação da baixa densidade e maior porosidade total do solo com altos teores de matéria orgânica e menores valores de pH, principalmente nos sistemas de uso da terra com menor antropização, pode representar um bom indicador na qualidade física do solo em camadas superficiais, pois nesses ambientes apresentam densidades $\geq 1,36 \text{ g cm}^{-3}$ nas camadas superficiais com teores consideráveis de matéria orgânica e pH (FLO com teor de MO de $40,37 \text{ g kg}^{-1}$ e pH 4,19 (Tabela 1); CAP com teor de MO de $37,61 \text{ g kg}^{-1}$ e pH 4,10 (Tabela 2) e PA1 com teor de MO de $29,59 \text{ g kg}^{-1}$ e pH 4,75 (Tabela 7), que representa maior efeito da MOS nesses ambientes.

Fato importante observado foi a presença de coesão na estrutura dos solos estudados, chegando, em alguns casos, próximo à camada superficial ou orgânica do solo, representando limitações no desenvolvimento vegetal. A estrutura é constituída da mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro; ou ferro alumínio, com grãos de quartzo e outros minerais que atribuem o caráter duro ou extremamente duro quando seco, passando a friável ou firme quando úmido (EMBRAPA, 2013). Essa estrutura foi observada nos levantamentos dos horizontes em perfil do solo (Itens 4.1) e nas coletas de solos. Esse caráter tem relevantes contribuições na dinâmica da densidade e porosidade do solo, sendo obstáculo em fatores ligados à penetração de raízes, infiltração de água, entre outros fatores da física do solo. É comumente ligado ao Latossolo Amarelo distrófico no Brasil. Essas observações foram descritas também por Vale Júnior e Schaefer (2010) em um Latossolo Amarelo distrófico,

próximo à área de estudo, como a homogeneidade da porosidade e densidade dos tratamentos em profundidades superiores a 30 cm, que indica que as práticas de manejo têm efeito apenas na camada superficial, essencialmente nos ambientes com baixa antropização, como nos ambientes manejados com calagem e adubações.

Os atributos físicos dos solos investigados foram eficientes em detectar o processo de compactação induzido pelo pisoteio bovino no solo sob PA2 (Pastagem Alterada) na camada mais superficial do solo, diferentemente do sistema PA1, que não recebeu carga superior à sua capacidade de suporte bovino. Os resultados obtidos reforçam o entendimento de que, em sistemas de pastagens extensivas, cuidado especial deve ser dispensado no manejo do solo para que os atributos físicos não sejam alterados para uma qualidade inferior. Nos demais sistemas de uso da terra, as variáveis físicas, densidade e porosidade do solo, principalmente, apresentaram os maiores efeitos na camada superficial, podendo ser atribuída às variações de matéria orgânica e cobertura do solo entre os sistemas de uso da terra estudados.

4.3.2 Textura do solo

Os teores de argila não diferiram significativamente entre os sistemas de uso e as profundidades analisadas. O solo sob capoeira apresentou os maiores teores de argila em profundidades maiores que 30 cm. Os solos sob sistema agroflorestal de baixo insumo (SA1) apresentaram teores mais altos nas camadas de 20-30 cm e de 40-60 cm. O solo sob sistema agroflorestal de alto insumo (SA2) apresentou maiores teores de argila na camada de 40-60 cm de profundidade. Na profundidade de até 20 cm, os mais baixos teores de areia foram observados nos solos sob FLO, SA1 e SA2. Essas diferenças devem-se à formação do caráter coeso presente nesses ambientes, sem alterar com o sistema de manejo implantado pelos diversos sistemas de uso da terra (Figura 13).

Na profundidade entre 20 e 30 cm, em solo sob SA1 e SA2, observaram-se os menores teores de areia. O solo sob FLO apresentou os maiores teores de areia na camada superficial (0-5cm) e nas profundidades maiores que 20 cm. Os solos sob SFP, CAP, PUP e PA2 apresentaram maiores teores de areia na profundidade de 0-20 cm. No solo sob PA1, observaram-se os menores teores de areia nas profundidades maiores. No solo sob SA1, o

menor percentual de areia foi observado na profundidade de 20-30 cm. No solo sob SA2 não se observaram diferenças entre os teores de areia nas diferentes profundidades.

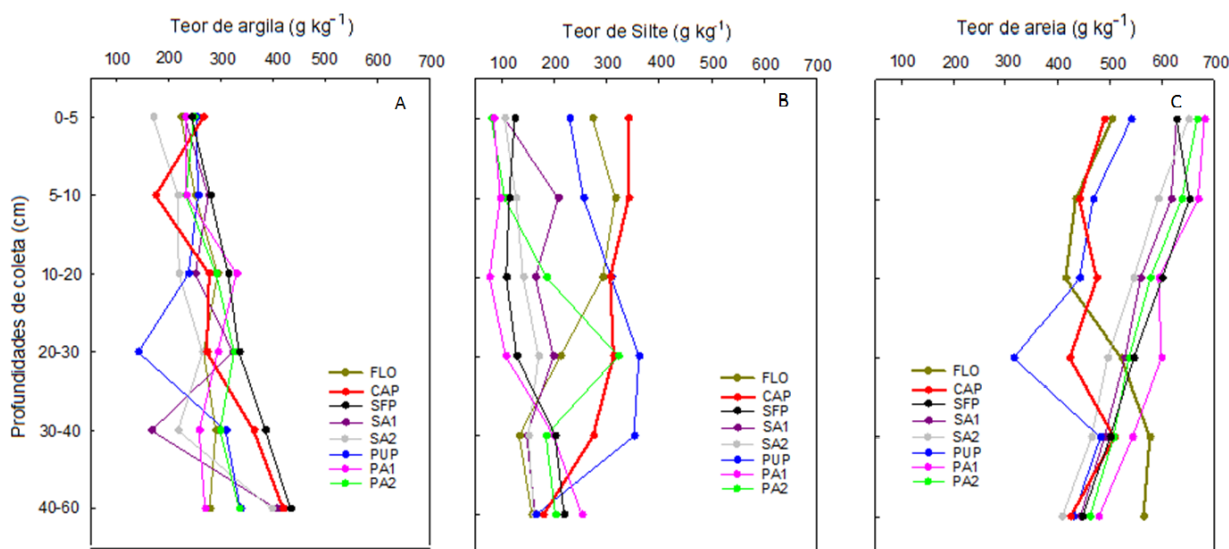


Figura 13-Distribuição dos teores de argila (A), silte (B) e areia (C) nos diversos sistemas de uso da terra em diversas profundidades.

Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

Os teores de silte nos solos sob os diversos sistemas de uso da terra em estudo não apresentaram diferenças significativas em relação à profundidade de coleta. Na camada superficial, os maiores teores de silte foram observados nos solos sob FLO e sob os dois sistemas agroflorestais. Na profundidade de 5-10 cm, os teores de silte foram semelhantes, com exceção do solo sob CAP. Na profundidade de 10-20 cm, os teores de silte foram semelhantes aos observados na profundidade de 0-5 cm. Na profundidade de 20-30 cm, os solos sob sistemas agroflorestais e sob PUP apresentaram os teores mais altos de silte. Os solos sob sistemas agroflorestais apresentaram os mais altos teores de silte em todas as profundidades em estudo.

A textura ou granulometria refere-se à proporção de argila, silte e areia do solo. Dessas frações, a argila é a que possui maior superfície específica; é de natureza coloidal; promove alta retenção de cátions e adsorção de fósforo. A fração argila geralmente representa a maior parte

da fase sólida do solo e é constituída de uma gama variada de minerais (minerais de argila e partículas orgânicas menores que 0,02 mm de diâmetro) que apresentam cargas elétricas negativas ou positivas responsáveis pela troca de cátions e ânions. Os teores de argila não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, e as variações estão no nível de profundidade do perfil do solo (ANEXO 1). Para Pragana et al. (2012), essa variação deve-se à maior concentração de argilas orgânicas que provocam variabilidade espacial dessas frações.

A classificação dos solos, ao nível de ordem, considera o gradiente textural como uma das principais características, além do manejo (doses de fertilizantes, corretivos e herbicidas), do grau de compactação, da disponibilidade de água e da capacidade de troca de cátions da fração argila. A textura do solo não apresentou variação significativa entre os tratamentos. Segundo Arshad et al. (1996), a textura do solo é uma das propriedades mais estáveis, sendo levemente modificada pelo cultivo e outras práticas que ocasionam a mistura das diferentes camadas.

Contudo, é uma propriedade que tem estreita relação com a retenção e o transporte de água, com a estrutura do solo, com o teor de nutrientes e de matéria orgânica, além de influenciar fortemente os processos erosivos do solo. Neste estudo, observou-se uma relação direta do teor de argila com o teor de matéria orgânica ao longo do perfil do solo, apresentada no item 4.1. À medida que aumentava a profundidade, aumentava o teor de argila e diminuía o teor de matéria orgânica.

Nos estudos de Oliveira et al. (2015), com a análise discriminante em solos de classes diferentes, os atributos que mais contribuíram para a separação dos ambientes foram os teores de areia, silte e argila, enfatizando que os atributos granulométricos possuem maior poder discriminatório. Os teores de areia, silte e argila nos solos sob os diferentes sistemas de uso estudados foram uniformes, pois os solos são da mesma classe.

Os solos onde foram implantados os diferentes sistemas de usos da terra são classificados granulometricamente como de textura média; e as diferenças atribuídas entre os sistemas estão ligadas ao caráter coeso do solo apresentado ao longo do perfil do solo, descritos no item 4.1. Assim, a análise granulométrica não apresentou destaque ou diferença associadas ao manejo aplicados nos sistemas de usos da terra, embora tenha estreita relação com a retenção e transporte de água, estrutura do solo, além de influenciar os processos erosivos. Mas, segundo Cruz et al. (2014), é um atributo do solo pouco modificado pelo cultivo.

4.4 VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO

4.4.1 Acidez do solo (pH, Al³⁺, H+Al e m)

Os valores de pH nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm em todos os sistemas de uso da terra não apresentaram diferenças significativas nas duas primeiras profundidades de coleta, podendo ser representado por uma única camada de coletas de 0-10 cm para valores de pH. Mas se comportaram distintamente nas camadas mais profundas. A maior variação da acidez ativa (pH) ocorreu na camada de 0-10 cm de profundidade, que corresponde à camada orgânica na maioria dos sistemas em estudo, com valores variando de 4,08 e 5,39 sob solo de FLO e SA2, respectivamente (Tabela 12).

Os menores valores de pH na camada orgânica de 0-10 cm (pH 4,08 a 4,63) foram detectados em solos dos sistemas com baixa antropização (FLO, CAP e SFP). Esses valores eram esperados nesses sistemas, pois os solos da região são naturalmente ácidos devido à grande quantidade e rápida mineralização da matéria orgânica que causa acidificação natural do solo (LUIZÃO, 2007; ARAÚJO et al., 2012; MOLINE et al., 2015). E com a diminuição da concentração da MOS em profundidades maiores, aumenta o valor do pH, embora os sistemas CAP e SFP não tenham sofrido variação com o aumento da profundidade. Estes resultados estão de acordo com os trabalhos de Grappo et al. (2015) e Alcántara et al. (2016) em solos distróficos da Amazônia, que constataram o menor valor de pH em solo sob vegetação natural quando comparado com área sob cultura perene e pastagem.

As diferenças dos valores do pH decorrem do efeito combinado do manejo aplicado, do teor da matéria orgânica, da composição vegetal e da cobertura do solo, sendo mais evidente na camada superficial do solo e maior homogeneização dos valores do pH à medida que aumenta a profundidade de coleta. O pH do solo do sistema PA1 manteve-se entre os maiores valores em todas as profundidades, e também não apresentou diferenças entre as profundidades dentro do sistema PA1, mantendo-se estável.

Tabela 12-Valores de pH nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta, no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm)					
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 60
	----- pH (H ₂ O) ² -----					
FLO	4,08dC	4,19dC	4,35dB	4,41bB	4,57bB	5,11aA
CAP	4,45cA	4,63cA	4,67cA	4,70bA	4,68bA	4,71bA
SFP	4,40cA	4,48cA	4,70cA	4,60bA	4,68bA	4,68bA
SA1	4,97bA	5,00bA	4,70cB	4,62bB	4,52bB	4,71bB
SA2	5,39aA	5,23aA	5,10aA	5,15aA	4,73bB	4,60bB
PUP	5,31aA	5,21aA	4,84bB	4,73bB	4,59bB	4,55bB
PA1	5,27aA	5,19aA	5,11aA	5,20aA	5,14aA	5,13aA
PA2	5,08bA	4,93bA	4,85bA	4,79bA	4,52bB	4,46bB
CV1 ³	6,41	CV2 ⁴	3,31			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

Na camada orgânica (0-10 cm), o pH do solo sob SA2, PUP e PA1 apresentou valores mais altos de pH. Os maiores valores do pH foram detectados em sistemas cultivados com maior concentração de bases trocáveis (SA2 e PUP), devido à correção e fertilização aplicadas nos manejos nesses modelos de produção. Os resultados pH obtidos entre os sistemas SA1 e SA2 (sistemas agroflorestais) representam a diferença no manejo dos sistemas agrícolas, onde o SA2 recebeu aplicações regulares de calcário dolomítico (descritos no item 3.2.4.2), tendo seus efeitos concentrados nas camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm) ou orgânica (0-10 cm), não apresentando diferenças significativas com o sistema SA1 nas demais camadas, respondendo, ambos os sistemas agroflorestais, com valores menores à medida que aumenta a profundidade de coleta.

Sob o mesmo efeito da aplicação do calcário, o sistema PUP acompanhou a dinâmica desenvolvida pelo sistema SA2, corroborando com os estudos de Ensinas et al. (2015), que indicam que correções de pH são necessárias nesse tipo de Latossolos, por apresentarem limitações quanto à fertilidade, como presença de mais de 95% de sua área com características

distróficas e níveis de pH entre 4,8 e 5,2, indicando condição ácida. Os sistemas de pastagens analisados- PA1 e PA2- não receberam manejos com aplicação de calcário, mas receberam carga bovina em diferentes intervalos, que proporcionaram adição de resíduos orgânicos. Esses resíduos podem influenciar comportamentos, embora os níveis de pH sejam fatores limitantes para o desenvolvimento das forrageiras plantadas (Quicuio da Amazônia) na região pouco adaptada às condições amazônicas (TRILLERAS et al., 2015).

Os teores de alumínio trocável ou acidez trocável (Al^{3+}) nos solos sob os diferentes sistemas de uso e profundidades de coleta estão apresentados na Tabela 13. Os maiores teores de Al^{3+} nas camadas de 0-10 cm com valores variando de 0,14 a 1,25 $cmol_c dm^{-3}$, nos tratamentos FLO e SA2, respectivamente. Os teores de Al^{3+} nas diversas profundidades não apresentaram diferenças significativas nas duas camadas mais superficiais (0-5 e 5-10 cm) em todos os tratamentos, mas se comportaram distintamente nas camadas mais profundas. No solo sob floresta, os teores decresceram com o aumento da profundidade. O mesmo ocorreu nos solos sob CAP e SFP. Os teores do solo sob SA2 e PUP apresentaram os mais baixos teores. Os solos sob PA1 e PA2 apresentaram teores similares entre eles nas diferentes profundidades.

Cerca de 70 % dos solos da Amazônia são classificados como ácidos e apresentam toxicidade causada pelo alumínio trocável (COCHRANE; SANCHEZ, 1982). A elevada acidez constatada nos ambientes de estudo é reflexo da mineralogia do solo e da presença de matéria orgânica, que fornecem ao solo grande quantidade de íons H^+ e Al^{3+} , promovendo a acidez (BOMFIM, 2013; SOUZA et al., 2014).

Segundo Alfaia e Uguen (2013), teores acima de 1 $cmol_c dm^{-3}$ são considerados elevados e prejudiciais ao crescimento da maioria das espécies vegetais. Diferenças significativas foram observadas nos teores de Al^{3+} nos diversos sistemas de uso da terra, principalmente na camada superficial; e estão de acordo com a dinâmica do elemento na região tropical, que é altamente dependente do pH e do teor de matéria orgânica, confirmados pelos diversos trabalhos na região Amazônica (BARROS et al., 2012; BOMFIM, 2013; SOUZA et al., 2014).

Tabela 13-Teores de alumínio trocáveis (Al^{3+}) nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60
	----- Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) ² -----					
FLO	1,25aA	1,10aA	0,84aB	0,69aC	0,52aC	0,26bD
CAP	1,11aA	0,99aA	0,64aB	0,59aB	0,69aB	0,61aB
SFP	0,96aA	0,86aA	0,71aB	0,68aB	0,67aB	0,57aB
SA1	0,43bA	0,46bA	0,56bA	0,57aA	0,65aA	0,58aA
SA2	0,14cB	0,32bB	0,35bB	0,34bB	0,53aA	0,60aA
PUP	0,18cB	0,31bB	0,46bA	0,46bA	0,50aA	0,57aA
PA1	0,42bA	0,41bA	0,37bA	0,29bA	0,37aA	0,27bB
PA2	0,39bA	0,50bA	0,50bA	0,51aA	0,54aA	0,56aA
CV1 ³	13,19	CV2	5,73			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

Observam-se três dinâmicas predominantes nos ambientes, variando de acordo com o grau de antropização: a) os sistemas FLO, CAP e SFP que apresentam menor grau de antropização: os teores concentram-se na camada superficial (0-10 cm), apresentando estreita relação com os valores baixos de pH; b) os sistemas SA2 e PUP, cujo solo recebeu adição de calcário e fertilizantes: apresentam teores baixos de alumínio trocável na camada superficial do solo, também com estreita relação com os valores de pH (Tabela 12); c) o sistema SA1, PA1 e PA2: o uso da terra com teores intermediários (entre 0,43 a 0,50 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ na camada de 0-10 cm de profundidade) com baixo manejo não diferiram significativamente entre si, podendo ser observado por meio da dinâmica do índice de saturação de alumínio (Figura 14).

Embora a toxidez por alumínio não ocorra em solos com pH acima de 5,5, ela é comum em solos com pH abaixo de 5, faixa em que a solubilidade de alumínio aumenta, e mais da metade do complexo de troca pode ser ocupado por esse elemento (FOY, 1984; CRAVO et al., 2012). Provavelmente, a matéria orgânica existente nos solos de FLO, CAP e SFP contribuiu para uma diminuição do pH desses ambientes. Como os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} do complexo

de troca são extremamente baixos (MOREIRA et al., 2005), os valores relativos de Al^{3+} trocáveis tornam cátions dominantes no complexo de troca, induzindo limitações ao uso agrícola destes solos.

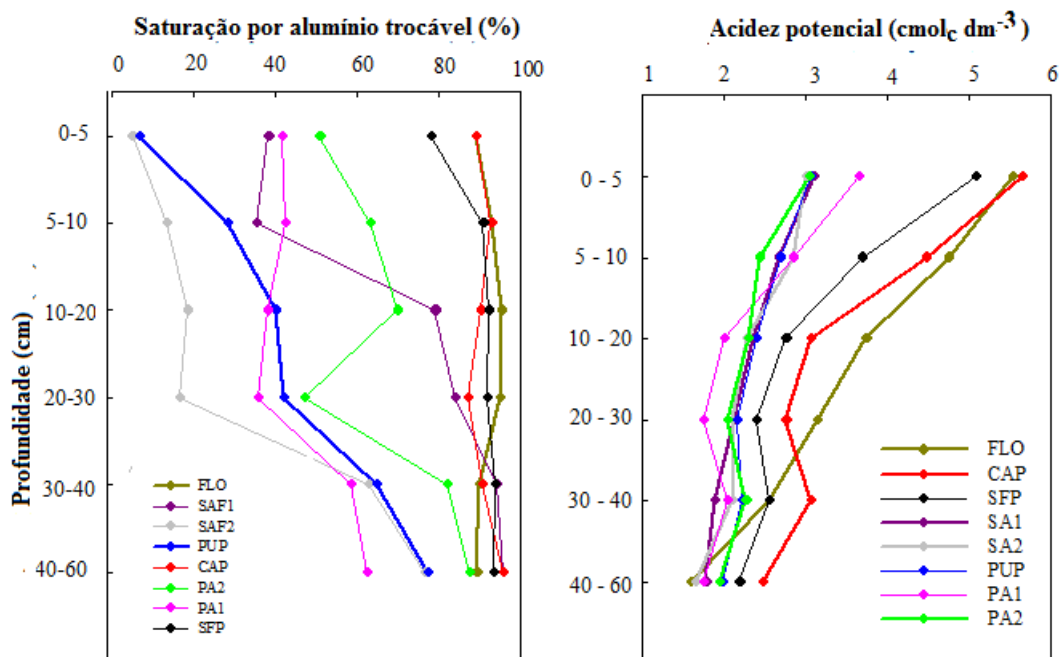


Figura 14 -Valores de saturação por alumínio trocável e acidez potencial nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR. Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

Os usos da terra não apresentaram diferença significativa nos teores de Al^{3+} em profundidades superiores a 30 cm, independentemente do sistema de uso da terra, indicando que não há interferência dos diversos manejos/sistemas de uso da terra com o teor do Al^{3+} nas camadas mais profundas. Em comportamento semelhante, por ser correlação, a saturação por alumínio segue a mesma tendência.

A saturação por alumínio nos solos sob vegetação natural como FLO, CAP e SFP apresentou os maiores valores ao longo de todas as profundidades de coleta (ANEXO 3). Nos demais usos da terra, os maiores valores foram observados nas maiores profundidades. Os valores menores foram verificados nos solos que receberam calagem e adubação regulares:

SA2 e PUP. Em profundidades maiores que 30 cm não se observaram diferenças significativas nos níveis entre os tratamentos. A saturação por alumínio (m) é associada aos teores de Al^{3+} no solo e é fortemente influenciada pela redução dos teores de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Nos sistemas FLO ou SFP, o Al^{3+} passa a dominar o complexo de troca entre os cátions trocáveis, promovendo limitações ao desenvolvimento da maioria das culturas; e apresenta-se inversamente proporcional aos percentuais apresentados pela saturação por bases (V).

Os valores de acidez potencial (H+Al) nos solos sob os diferentes sistemas de uso da terra refletem a baixa fertilidade natural dos solos (Figura 14), limitando o crescimento das raízes e ocupando espaços nos coloides, facilitando a lixiviação dos nutrientes livres na solução do solo. Os mais altos valores de acidez potencial foram observados na camada superficial (0-5 cm), com teores variando de 2,99 a 5,64 $cmol_c\ dm^{-3}$ nos solos sob os sistemas SA1 e CAP, respectivamente (ANEXO 4). Conforme Moreira et al. (2005), os valores foram considerados médios em todos os tratamentos na camada de 0-10 cm; e diminuíram com o aumento da profundidade.

As diferenças mais expressivas da acidez potencial estão entre as camadas superficiais (0-5 cm). As maiores capacidades de troca catiônica estão nos solos dos tratamentos SA2, PUP, SFP, CAP e FLO. O segundo grupo com valores mais baixos foi constituído pelos demais tratamentos. A acidez potencial (H+Al) nos usos da terra com regeneração natural ou com menor antropização (floresta e capoeiras) apresenta acidez potencial mais elevada, como se espera, nas camadas com mais elevados teores de matéria orgânica sob o efeito da mineralização desta matéria orgânica. Assim, a acidez potencial nos solos sob FLO e CAP destacou-se dos demais tratamentos com valores mais elevados em todas as camadas, com exceção da mais profunda (40-60 cm), que não diferiu entre os tratamentos, embora nas camadas de 0-5 cm e de 30-40 cm a acidez potencial no solo sob capoeira enriquecida tenha sido similar às do solo sob floresta e capoeira. Nos demais tratamentos, não se observou diferenças entre eles com relação à acidez potencial.

4.4.2 Teores de nutrientes no solo (potássio, cálcio e magnésio trocável)

Os teores de potássio, cálcio e magnésio trocáveis representam a soma das bases trocáveis nos sistemas de usos da terra em estudo, sendo referência na fertilidade do solo; seus valores estão representados na Figura 15. Os teores de K^+ observados apresentaram níveis

extremamente baixos (MOREIRA et al., 2005; QUESADA et al., 2012); ou, havia ausência do elemento mesmo nos sistemas de usos da terra que receberam adubação potássica e não diferiram estatisticamente entre os sistemas nem as profundidades.

O potássio é o segundo nutriente mineral requerido em maior quantidade pela planta; apresenta, assim, alta mobilidade. A elevada precipitação pluvial da Amazônia pode constituir um fator importante de perda desse nutriente pela lavagem da copa e por lixiviação; e são maiores que as perdas de fósforo, segundo Alfaia e Uguen (2013). Essa situação agrava-se nos solos tropicais, devido à baixa capacidade de retê-lo. Teores do potássio trocável se apresentaram baixos, segundo estudos de Moreira et al. (2005), com teores entre 0,01 a 0,05 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Mesmo nos usos da terra que receberam adubação com aplicação de cloreto de potássio, SA2 e PUP não diferiram significativamente dos demais usos da terra pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, nem nas diferentes profundidades.

Os sistemas SA2 e PUP que receberam adubação potássica regularmente não apresentaram teores satisfatórios desses nutrientes, o que pode ser justificado pelo trabalho de Rosalem et al. (2006), que consideram que parte do K^+ é facilmente removido do sistema, necessitando de doses contínuas via adubação orgânica por meio da mineralização da liteira ou adubação mineral; em suas observações, o autor notou que a passagem do potássio trocável para não trocável é rápida, tanto que o K lixiviado do solo proporciona aumento dos teores de K não trocável.

A distribuição dos teores de K nos tratamentos e nas profundidades dos solos estudados indica que mais 80% apresentam teores iguais ou inferiores a 0,10 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, classificados como baixos a muito baixos, segundo Moreira et al (2005). Estes valores refletem a natureza do material de origem e o intemperismo acentuado deste material, resultante de precipitação pluvial e temperatura elevada. Segundo Alfaia e Uguen (2013), os solos da Amazônia têm baixos teores de potássio e passam a ser elemento limitante devido ao requerimento relativamente alto que muitas plantas nativas têm por esse elemento.

Os maiores teores de Ca^{2+} ocorreram na camada de 0-10 cm - camada orgânica do solo -, com teores variando de 0,04 a 1,61 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ entre os sistemas. Na maioria dos sistemas de usos da terra, os teores de cálcio trocáveis são considerados muito baixos (MOREIRA et. al., 2005) tanto na camada superficial como nas camadas mais profundas, com exceção dos teores no SA2 e PUP (1,61 e 1,22 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada mais superficial, respectivamente) que

receberam adição de cálcio via calagem, mantendo altos níveis entre os sistemas de uso da terra.

Os mais elevados teores de cálcio trocável estão nos solos dos sistemas de uso da terra onde foram aplicados corretivos. Os teores de cálcio abaixo de $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são considerados baixos por Moreira et al. (2005). Para Alfaia e Urguen (2013), a acidez do solo junto com a deficiência de cálcio no solo limitam o desenvolvimento vegetal, sendo a aplicação do corretivo agrícola, por meio da calagem, a prática mais efetiva para qualificar os teores de bases trocáveis e pH no solo. Os solos sob os sistemas FLO, CAP e SFP apresentaram os menores níveis de cálcio entre os sistemas de uso da terra; e profundidades com teores inferiores a $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, evidenciando deficiência de cálcio trocável, com implicações para o desenvolvimento das plantas cultivadas.

Os níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram encontrados nas camadas mais superficiais (0-10 cm) e são considerados baixos por Moreira et al. (2005). Alguns autores atribuem a concentração nessas camadas ao acúmulo de material orgânico rico em nutrientes, principalmente nos tratamentos com maior estoque de serapilheira, como FLO, CAP e SFP associado ao alto teor de MO (FALCÃO et al., 2010 e MOLINE et al., 2015). Para Alfaia e Urguem (2013), a dinâmica e a quantidade elevada de cálcio contida na parte vegetativa em todos os sistemas de uso da terra possibilitam o retorno dos restos dos vegetais ao solo, resultando na reincorporação de quantidades apreciáveis do cálcio e magnésio.

Os maiores teores de Mg^{2+} ocorreram na camada de 0-10 cm de profundidade, com valores variando de 0,07 a $1,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A disponibilidade de magnésio trocável na maioria dos sistemas de uso da terra não apresentou diferença com a profundidade, à exceção dos solos sob sistemas SA2 e PUP, que receberam adição de magnésio via calagem, mantendo assim os mais altos teores entre os sistemas de usos da terra, principalmente na camada orgânica (0-10 cm). Os tratamentos sob FLO, CAP e SFP apresentaram os mais baixos teores dos nutrientes entre os sistemas de usos da terra e profundidades.

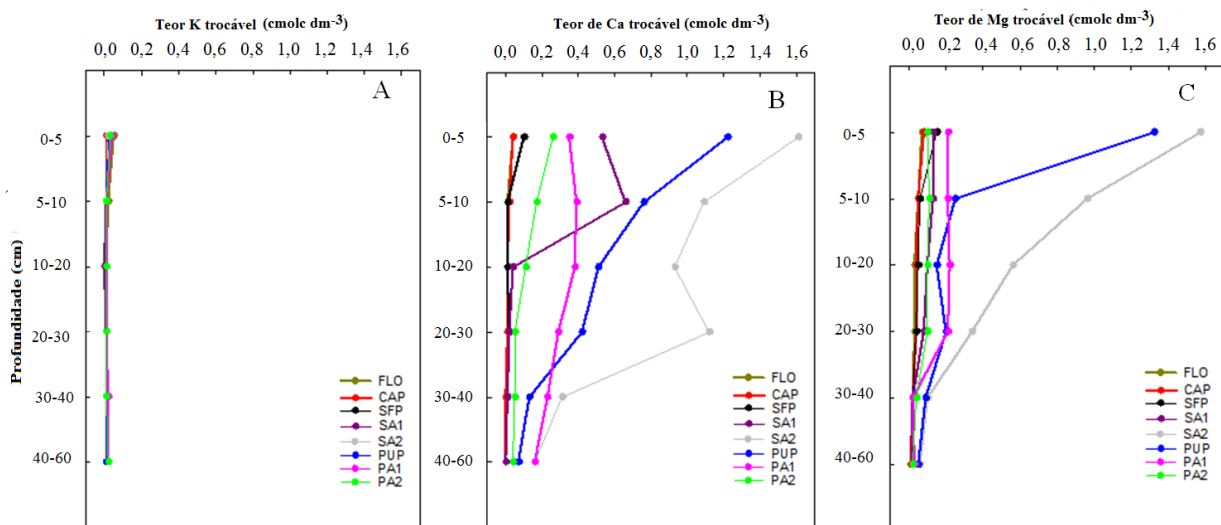


Figura 15-Teores de potássio (K) (A), cálcio (Ca^{2+}) (B) e magnésio (Mg^{2+}) (C) trocáveis nos diversos sistemas de uso da terra e profundidade.

Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

As maiores concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram observadas na camada de 0-5 cm nos sistemas de uso da terra que receberam adubação e calagem nos seus planos de manejos, SA2 e PUP, com teores considerados bom e muito bom, respectivamente. Esses resultados realçam diferenças estatísticas em relação aos demais sistemas de uso da terra que apresentam teores baixos desses nutrientes. Em profundidades maiores de 30 cm não se observaram diferenças entre os sistemas de uso da terra pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com níveis extremamente baixos, não importando os sistemas de manejo adotado (ANEXO 2).

Jakelaitis et al. (2008) e Moline et al. (2015) relatam que a diminuição de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ ocorre em decorrência da retirada da floresta nativa para atender outros sistemas de uso da terra, atribuído, principalmente, pelo mal manejo do solo e à remoção contínua das plantas, erosão, entre outros fatores. Esses fatos são confirmados pelos tratamentos que recebem manejos com fertilização de nutrientes via adubação, corroborando com diversos trabalhos que confirmam que em solos de baixa fertilidade da Amazônia faz-se necessária a reposição de nutrientes para o desenvolvimento do vegetal (OLIVER et al., 2013; ALFAIA e UGUEN, 2013; SANTOS et al., 2015).

4.4.3 Teores de fósforo disponível

Os mais altos teores de fósforo foram observados nas camadas 0-10 cm de profundidade, e variaram de 1,62 a 5,80 mg dm⁻³ no solo dos tratamentos SFP e SA2, respectivamente. Os solos com sistema agroflorestais (SA1 e SA2) apresentaram os mais altos teores de fósforo na camada superficial (0-5 cm), seguido pelos teores de fósforo sob os sistemas FLO e PUP e os baixos teores nesta camada dos sistemas de usos SFP, PA2, PA1 e CAP. Na profundidade de 5-10 cm obteve-se dois grupos com diferença estatística em si. O grupo com os maiores teores foi constituído pelos usos da terra FLO, SA1, SA2 e PUP. Os demais sistemas de uso da terra (PA2, PA1, CAP e SFP) formaram o grupo com os mais baixos teores nesta camada. Em profundidades superiores a 10 cm não foi detectada diferença significativa entre os sistemas de uso da terra pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 14).

Tabela 14 -Teores de fósforo disponível nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	0-5	20-30	0-5	40-60
	----- P (mg dm ⁻³) ² -----					
FLO	4,26bA	3,30aA	1,98aB	1,65aB	1,60aB	1,15aB
CAP	2,79cA	2,69bA	2,02aA	1,78aA	1,77aA	1,64aA
SFP	1,62cA	1,29bA	1,17aA	1,48aA	1,35aA	1,40aA
SA1	5,80aA	3,69aB	1,94aC	1,41aC	1,50aC	1,31aC
SA2	5,30aA	4,25aA	2,73aB	2,56aB	1,58aC	1,35aC
PUP	4,70bA	3,40aB	2,12aC	1,47aC	1,96aC	1,74aC
PA1	2,78cA	2,14bA	1,50aA	1,14aA	1,54aA	1,82aA
PA2	2,62cA	1,89bA	1,64aA	1,26aA	1,56aA	1,65aA
CV1 ³	10,63	CV2 ⁴	8,05			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

Independentemente dos valores encontrados, em todos os sistemas de uso da terra o teor é classificado como baixo. O fósforo disponível no solo, de modo geral, pode ser considerado o elemento mais crítico em sistemas florestais amazônicos, sendo deficiente em 90 % desses solos, seguido por potássio e nitrogênio, que limitam a produção e a manutenção dos sistemas de uso da terra. A explicação para esse fato relaciona-se com a baixa disponibilidade de fósforo nos solos da Amazônia e, também, com a forte tendência de o fosfato aplicado ao solo reagir com os óxidos de ferro e de alumínio, por exemplo, para formar compostos de baixa solubilidade, conhecido como fixação de fósforo. Portanto, ao contrário dos demais nutrientes, a adubação com fósforo assume a particularidade de ter-se que aplicar uma quantidade várias vezes menor do que aquela exigida pela planta, devido à saturação dos componentes responsáveis pela fixação do fósforo (ALFAIA; UGUEN, 2013; MOLINE et al., 2015).

Os teores de fósforo disponíveis nos ambientes em estudo apresentam diminuição nas camadas mais profundas, sendo que na camada (0-10 cm) foram encontrados os maiores teores, classificados pelos estudos de Moreira et al. (2005), variando de baixo a muito baixo. Estes resultados já haviam sido observados em outros trabalhos (MELO et al., 2006) na região de Roraima, com solos com teores de fósforo baixo a muito baixo. Nos sistemas de uso da terra em estudo, sob solos ácidos e a calagem prévia promovida pelos manejos dos sistemas SA2 e PUP, ao promover a neutralização do Al^{3+} e de grande parte do ferro, reduz-se a fixação do fosfato. Por outro lado, o uso excessivo de calcário promoveria o pH acima de 7,0 e novo aumento de fixação, via precipitação do fosfato com cálcio. Assim, a maior disponibilidade de fósforo ocorre em torno de pH 6,0, dependendo, para isso, de ter-se que aplicar uma quantidade várias vezes menor do que aquela exigida pela planta, pois antes de mais nada, torna-se necessário satisfazer a exigência do solo, saturando os componentes responsáveis pela fixação do fósforo.

Os sistemas considerados de regeneração natural, como FLO, CAP, SFP, SA1 e PA1, que não recebem adições de calagem, têm como fonte de fosfato a matéria orgânica de solo e sua mineralização. Assim, segundo estudos de Moline et al. (2015), o fósforo de origem orgânica pode representar de 20 a 70 % de fósforo total da camada orgânica; e sua disponibilidade está relacionada com o volume e riqueza do material orgânico e da taxa de mineralização. No entanto, a dinâmica nesses sistemas sofre alta dependência no desempenho da enzima fosfatase, que desempenha importante papel na mineralização do fósforo orgânico do solo.

Em observações sobre o comportamento do fósforo em ambientes de pastagens em Roraima, Melo et al. (2006) ressaltam que a pobreza extrema de fósforo verificada reflete na má qualidade da pastagem, com presença significativa de plantas invasoras, indicadoras de solo degradado; e de vegetação herbácea, sem recuperação da vegetação original (savanização).

4.4.4 Soma de bases trocáveis e saturação por base e Capacidade de troca de cátion

Os teores de soma de bases trocáveis e saturação de bases apresentam correlação direta, tendo os maiores teores de soma de bases e saturação de bases na camada superficial (0 - 5 cm) com teores de soma de bases variando de 0,14 a 3,20 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nos solos sob CAP e SA2, respectivamente. Os dados obtidos pela soma de bases são reflexos dos teores da soma de bases trocáveis (K, Ca^{2+} e Mg^{2+}) que, em geral, foram considerados baixos teores quando comparados a outros estudos (MOREIRA et al., 2005). Em todos os sistemas de uso da terra, os mais altos teores de soma bases trocáveis foram observados nas camadas superficiais (0-10 cm) com teores considerados médios (MOREIRA et al., 2005) e diminuindo com a profundidade. Os solos sob CAP, FLO e SFP apresentaram os menores valores de soma de base trocáveis, embora os sistemas não tenham apresentado diferença significativa pelo teste de Scott-Knott a 5% em profundidades superiores a 30 cm (Tabela 15).

O solo sob SA2 apresentou os mais altos valores de soma de bases trocáveis e saturação de bases em todas as profundidades (ANEXO 3). Na camada superficial (0-5 cm), observou-se que a maior diferença entre os sistemas de uso da terra com os valores mais altos foram observados no solo do SA2, seguido pelo PUP, SA1, PA1 e, por último, os solos sob FLO, CAP, SFP e PA2. A camada de 5-10 cm de profundidade acompanhou os resultados da camada mais superficial, com SA2, seguida pelos PUP e SA1. Em seguida, os sistemas de uso da terra FLO e PA1 e, por último o grupo de CAP, SFP e PA2. Na camada entre 10-20 cm, com a diminuição dos valores de soma de bases trocáveis e saturação de bases (Figura 16), formaram-se três grupos, sendo o solo sob SA2 com os mais altos teores; o segundo grupo, formado pelos solos sob PUP e PA1; e o terceiro grupo formado pelos demais sistemas de uso da terra com os mais baixos valores. O mesmo se observa nas profundidades de 20-30 cm.

Tabela 15-Teores de soma de bases trocáveis nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm)					
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 60
	----- SB (cmol _c dm ⁻³) ² -----					
FLO	0,16dA	0,08cA	0,04cA	0,04cA	0,06aA	0,03aA
CAP	0,14dA	0,07dA	0,07cA	0,08cA	0,8aA	0,03aA
SFP	0,27dA	0,09dA	0,06cA	0,06cA	0,05aA	0,04aA
SA1	1,68cA	0,80bA	0,15cB	0,11cB	0,04aB	0,03aB
SA2	3,20aA	2,05aB	1,49aC	1,46aC	0,42aD	0,24aD
PUP	2,57bA	1,02bB	0,66bC	0,63bC	0,26aD	0,17aD
PA1	0,60cA	0,61cA	0,60bA	0,50bA	0,27aB	0,20aB
PA2	0,38dA	0,29dB	0,21cB	0,16cA	0,11aB	0,08aB
CV1 ³	5,51	CV2 ⁴	5,63			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas, e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

Em profundidades maiores que 30 cm não foram observadas diferenças entre os sistemas de uso da terra. Os mais altos valores de soma de bases trocáveis foram encontrados nos solos que receberam adubação, SA2 e PUP, que diferiram dos demais na camada superficial. A partir de 5 cm até 30 cm de profundidade, o solo do sistema SA2 manteve-se com o teor de soma de bases trocáveis mais elevado, seguido pelo PUP. Na mesma profundidade, a soma de bases trocáveis dos solos dos sistemas SA2 e PUP não diferiram estatisticamente do sistema PA1.

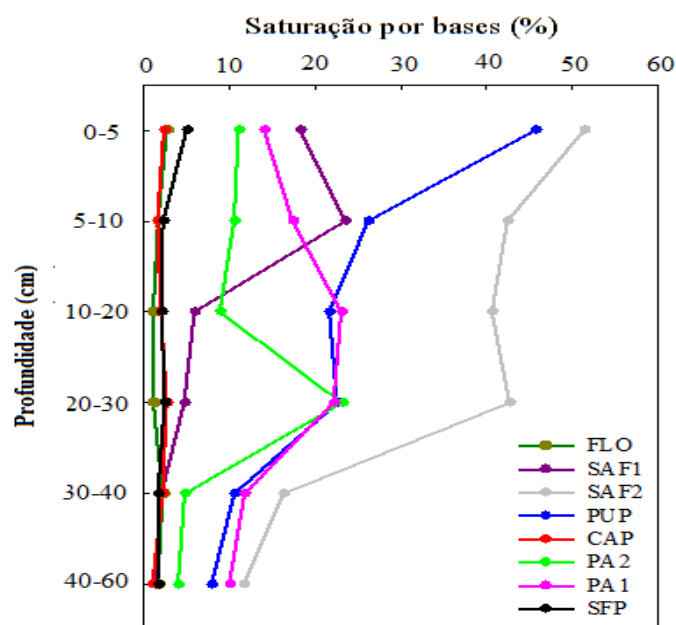


Figura 16-Índice de saturação por bases trocáveis (K, Ca²⁺ e Mg²⁺) nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta.

Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

Os solos de FLO, CAP e SFP apresentaram os mais baixos valores de soma e saturação de bases trocáveis em todas as profundidades, mostrando alta relação com o Al³⁺. O SA1 apresentou teor semelhante em profundidades superiores a 10 cm. As maiores diferenças entre os usos da terra estão na camada superficial (0-5 cm). Os sistemas de uso da terra dividem-se em três grupos de acordo com os valores de saturação de bases: O primeiro grupo com os usos da terra que recebem calagem e adubação regularmente, como os solos sob PUP e SA2 com saturação de bases de 45,65 e 51,34 %, respectivamente. O segundo grupo foi constituído pelos solos sob SA1, PA1 e PA2; e o terceiro grupo, os usos dos solos que dependem principalmente da decomposição da serapilheira e da mineralização da matéria orgânica, e apresentaram os menores níveis de saturação por bases (FLO, CAP e SFP).

A camada mais profunda (40-60 cm) apresentou pouca diferença da camada anterior com as mais altas soma de bases e saturação por bases nos tratamentos SA2, PUP, SFP, CAP e FLO, que não diferiram entre eles. O segundo grupo foi constituído pelos solos dos demais tratamentos com valores mais baixos de saturação por bases. O solo sob SA2 apresentou

valores mais altos de saturação por base em todas as profundidades. Os solos sob PA1 e PUP apresentaram valores próximos aos do solo sob SA2, principalmente nas camadas mais profundas.

Essa perda de bases trocáveis dá-se pela prática de adubação mineral e irrigação, ou maiores níveis pluviométricos; esta última, favorecendo a movimentação de cátions básicos móveis para as camadas mais profundas do perfil do solo.

Os tratamentos com menor antropização apresentaram maior dependência da mineralização da matéria orgânica (FLO, CAP e SFP) e as mais baixas somas de bases trocáveis, sendo o cátion Al^{3+} predominante no sistema de troca nesses ambientes. A soma de bases e a saturação por bases representam a influência dos cátions K , Ca^{2+} e Mg^{2+} , e são importantes para conhecer o nível de fertilidade do solo. Um solo que apresenta baixo “V” indica que existe uma alta adsorção de íons de H^+ e Al^{3+} , e baixa adsorção dos cátions básicos K , Ca^{2+} e Mg^{2+} nos coloides do solo. Quando o valor de saturação por bases é maior ou igual a 50 %, o solo apresenta elevada saturação por bases, e é conceituado de eutrófico, em geral, de boa qualidade. Se V for menor que 50 %, o solo apresenta baixa saturação por bases, e é chamado de distrófico, ou seja, baixa qualidade química e problemática do ponto de vista de uso agrônômico. Os teores de K , Ca^{2+} e Mg^{2+} nos solos estudados são considerados baixos a muito baixos e, considerando o efeito do pH e da mineralização da matéria orgânica nos tratamentos com menor antropização, concentram Al^{3+} na camada superficial. Os solos dos sistemas em estudo apresentaram o valor de V sempre menores que 50 %, com exceção do solo do SA2.

Neste aspecto, pode-se inferir que a elevação da fertilidade do solo nos sistemas de produção agropecuário e silviculturais devem assentar-se em diferenças significantes em relação aos sistemas nativos, uma vez que existe exportação de nutrientes, exaurindo as reservas naturais de nutrientes do solo, existindo a necessidade premente de implantação de práticas corretivas e de adubação para suprir a sustentabilidade dos sistemas.

Os solos sob SA2 e FLO apresentaram maiores capacidades de troca catiônica em todas as profundidades, embora em profundidade abaixo de 30 cm não se tenha observado diferença entre solos nos diferentes sistemas de uso da terra (Tabela 16). A capacidade de troca de cátions (CTC) é de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade total de retenção de cátions, os quais, em geral, irão tornar-se disponíveis

às plantas (potássio, cálcio e magnésio, considerado essencial para nutrição vegetal) e à retenção de água.

Tabela 16-Teores da capacidade de troca catiônica (CTC) nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	0-5	20-30	0-5	40-60
	----- CTC (cmol _c dm ⁻³) ² -----					
FLO	5,68aA ³	4,82aB	3,78aC	3,16aD	2,61aD	1,61aE
CAP	5,78aA	4,55aB	3,12bC	2,83bC	3,12aC	2,50aC
CAM	5,34aA	3,78bB	2,81bC	2,45bC	2,59aC	2,22aC
SAF1	3,77bA	3,46bA	2,50bB	2,23bB	1,92aB	1,80aB
SAF2	6,19aA	4,89aB	3,75aC	3,55aC	2,52aD	1,88aD
PUP	5,62aA	3,71bB	3,05bB	2,77bC	2,47aC	2,14aC
PMA	4,25bA	3,45bB	2,60bC	2,24bC	2,30aC	1,94aC
PAL	3,43bA	2,71cB	2,50bB	2,65bB	2,37aB	2,01aB

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas, e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

A CTC efetiva tem também direta relação com a estruturação e consistência do solo, mas, de modo geral, é reflexo dos baixos teores de K, Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo, resultando em baixa soma de bases. Ambas as variáveis químicas expressam a baixa fertilidade desses solos, com limitações nutricionais para o suporte produtivo. Os solos sob pastagens (PA2 e PA1) e SA1 apresentaram os menores valores, diferindo estatisticamente dos demais nesta camada. Esses resultados refletem a dependência de reposição dos cátions trocáveis nos sistemas de produção descritos por vários autores (ARCO-VERDE, 2008; BARROS et al., 2012; CRAVO, 2013; SANTOS et al., 2013) devido, principalmente, à lixiviação e à exportação de nutrientes.

Os tratamentos com baixo manejo e menor ação antrópica CAP, FLO e SFP e os tratamentos que receberam adubações regulares SA2 e PUP não diferiram entre eles e apresentaram os valores mais altos de CTC. Os solos sob FLO e SA2 foram os que

apresentaram sempre os mais altos valores em todas as camadas analisadas, diferindo significativamente dos demais, com exceção das últimas camadas. Os tratamentos mantêm a mesma dinâmica: maiores valores de CTC nas camadas superficiais, que diminuem com o aumento da profundidade. A partir dos 30 cm de profundidade não se observa diferença entre os tratamentos.

4.4.5 Teor de matéria orgânica

Em todos os usos da terra, os maiores teores de matéria orgânica foram observados nas camadas superficiais de 0-10 cm, com teores considerados médios (MOREIRA et al., 2005) e diminuíram com o aumento da profundidade. Os solos sob FLO e CAP apresentaram os maiores teores de carbono orgânico -18,85 e 20,22 g kg⁻¹-, respectivamente. Estes dois sistemas de uso da terra apresentaram os maiores teores até a camada de 30 cm de profundidade, diferindo significativamente dos demais pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (ANEXO 4). Em profundidades acima de 30 cm não houve diferença nos teores de matéria orgânica entre os tratamentos (Figura 17).

O solo sob SA1 apresentou os menores teores de matéria orgânica na camada superficial, diferindo estatisticamente dos demais usos da terra (Tabela 17). Na camada de 5 - 10 cm, o solo sob capoeira apresentou o maior teor de matéria orgânica, seguido do solo sob sistema FLO. Os teores nos demais uso da terra não diferiram entre si até 30 cm de profundidade. Em profundidades maiores que 30 cm não foi observada diferença significativa entre os usos da terra. O solo sob SA1 apresentou os menores teores de matéria orgânica na camada superficial, com 18,56 dag kg⁻¹, diferindo estatisticamente dos demais usos da terra, tendo os solos sob FLO e CAP os maiores teores de matéria orgânica (32,44 e 34,77 dag kg⁻¹, respectivamente). Nesses dois sistemas de usos da terra, os teores de MO foram maiores do que nos demais usos da terra até a camada de 30 cm de profundidade. Em profundidades maiores que 40 cm não houve diferença entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Os maiores teores de matéria orgânica foram encontrados na camada superficial (0 - 5 cm). Nesta camada, os teores variaram de 18,56 a 34,77 dag kg⁻¹ nos solos sob SA1 e CAP,

respectivamente. Na camada de 5-10 cm, o solo sob CAP apresentou o maior teor de matéria orgânica, seguido do solo sob FLO. Os teores nos demais usos da terra nesta camada não diferiram entre si e apresentaram comportamentos semelhantes até 30 cm de profundidade. Em profundidades maiores que 40 cm não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Em todos os tratamentos, os teores de matéria orgânica são considerados médios (MOREIRA et al., 2005) e diminuíram com o aumento da profundidade.

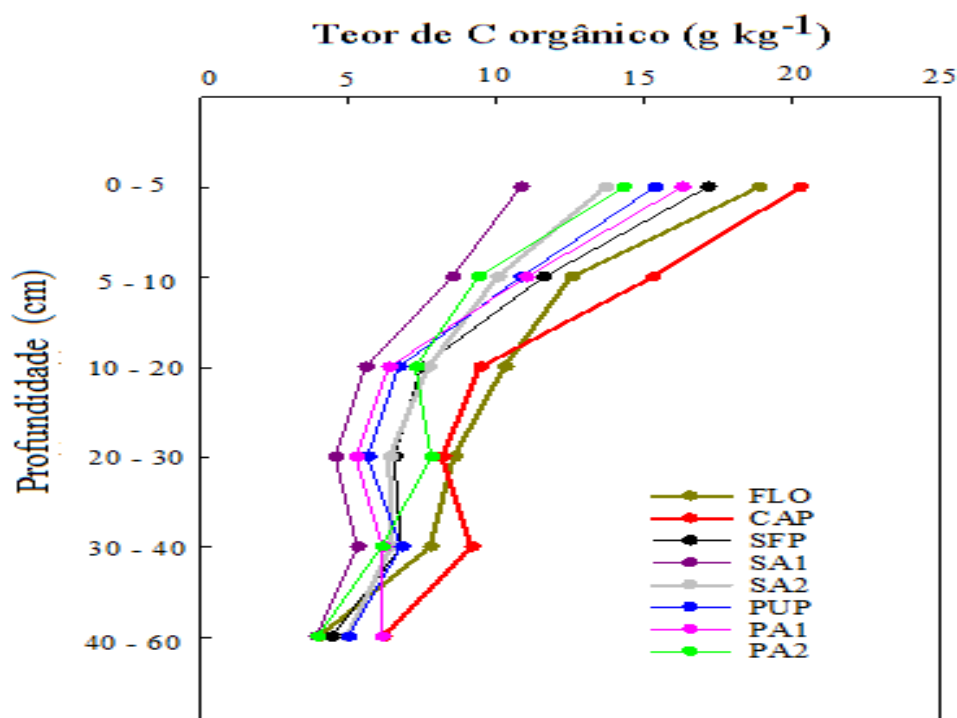


Figura 17-Valores de carbono orgânico nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Floresta primária (FLO); 2 = Capoeira (CAP); 3 = Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); 4 = Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); 5 = Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); 6 = Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); 7 = Pastagem manejada (PA1); 8 = Pastagem alterada (PA2).

Os demais usos da terra foram similares em relação à MOS até à profundidade de 40 cm; e na camada de 40-60 cm não foi observada diferença entre os usos da terra, com exceção

do SA1. Os de níveis de profundidade em cada uso da terra apresentaram decréscimo nos teores de matéria orgânica em profundidades maiores que 20 cm. Os maiores teores de nitrogênio orgânico foram observados na camada superficial (0-5 cm), com teores variando de 0,54 a 1,01 g kg⁻¹ no SA1 e CAP, respectivamente.

Tabela 17-Teores de matéria orgânica (MO) nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60
	MO (dag kg ⁻¹) ²					
FLO	32,44aA ²	21,49bB	17,62aB	14,69aC	13,34aC	6,84aD
CAP	34,77aA	26,23aB	16,22aC	14,01aC	15,76aC	10,58aD
SFP	29,44bA	19,91cB	12,81bC	11,24bC	11,69bC	7,61aD
SA1	18,56dA	14,62cA	9,55bB	7,81bB	9,13bB	6,71aB
SA2	23,49cA	17,22cB	13,22bC	10,95bC	11,06bC	8,50aC
PUP	26,36cA	18,56cB	11,48bC	9,68bC	11,41bC	8,58aC
PA1	27,93bA	18,86cB	10,91bC	9,00bC	10,58bC	7,88aC
PA2	24,50cA	16,09cB	12,47bB	9,96bC	10,51bC	6,78aC
CV1 ³	31,97	CV2 ⁴	12,82			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas, e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

Como os teores de matéria orgânica do solo (MOS) foram obtidos a partir dos teores de carbono orgânico (C), ambas as variáveis apresentaram correlação 1,0. Assim, os teores de MOS e C variaram proporcionalmente. Os teores de MOS sofreram diminuição nas camadas mais profundas, sendo que na camada superficial, camada de 0 a 10 cm, essencialmente orgânica, foram encontrados os maiores teores de MOS, variando de 34,77 a 32,44 dag kg⁻¹ nos usos da terra CAP e FLO, devido ao aporte constante de resíduos orgânicos descartados sob o solo, os quais originaram a característica já observada por autores como Cravo et al. (2012), Alfaia e Uguen (2013) e Moline et al. (2015). Em ambientes tropicais, as mudanças no uso da terra são de grande importância, uma vez que os ecossistemas tropicais contêm grandes

estoques de carbono e, por meio da serapilheira, são disponibilizados via mineralização e ciclagem de nutrientes (QUESADA et al., 2011).

Verificou-se que o conteúdo de MO na camada de 0-10 cm variou com o tipo de cobertura vegetal e manejo, e decresceu com o aumento da profundidade em todas as áreas estudadas; e foi significativamente diferente das demais camadas. Este decréscimo foi também observado por Luizão (2007), que registrou teores de carbono e nitrogênio concentrados na camada superficial em solos da Bacia Amazônica em que as matas nativa e secundária se desenvolvem, basicamente, sob o mecanismo de ciclagem da matéria orgânica e nutrientes. Segundo o mesmo autor, a conversão de floresta em cultivos agrícolas muito simplificados, na sua grande maioria monoculturas, ou em pastagens com uma só espécie de gramínea, geralmente exótica e implantada em áreas com infraestrutura precária, causam impactos negativos e severos.

No caso de pastagens na Amazônia brasileira, o manejo tem sido quase sempre inadequado; e os fatores de degradação do solo e/ou da produção evoluem rapidamente e podem levar ao abandono da área em poucos anos, ocasionando perda da qualidade do solo (FREITAS et al., 2013). O maior teor de matéria orgânica encontrado em área do sistema PA1 deve-se à intensa deposição de resíduos orgânicos originados da morte do sistema radicular das gramíneas. Este resultado corrobora com os obtidos por Cunha Neto et al. (2013), que demonstraram que a morte dos tecidos radiculares pode não só recuperar os teores de carbono do solo como, em alguns casos, superá-los.

O mais baixo teor de MO na camada superficial foi encontrado no SA1 (18,59 dag kg⁻¹ de solo). No entanto, o teor de MO do SA2 foi mais elevado, evidenciando o efeito positivo da adubação mineral para a decomposição e disponibilidade do carbono. Da mesma forma, PUP ratifica o efeito positivo do manejo com a incorporação de adição de nutrientes via adubação mineral sob a disponibilidade do carbono. Para Cravo et al. (2012), nos sistemas agroflorestais, a exportação de nutrientes, por colheita ou perda natural, é pequena em relação à massa remanescente quando se compara com áreas de monocultivo agrícola, atribuindo aos sistemas agroflorestais capacidade elevada de produção de biomassa e conservação do solo.

Cardoso et al. (1992), estudando Latossolos de cinco localidades do Sul do Pará (Micro Regiões de Marabá, Marabá e Itupiranga), verificaram uma diminuição no teor de MO do solo devido ao preparo de área utilizado pelos agricultores por meio de derrubada e queima. Acredita-se que o processo de mineralização da serapilheira dos sistemas agroflorestais seja

muito dependente da qualidade do material, composta principalmente por folhas de cupuaçuzeiros e de castanheiras-do-Brasil, necessitando uma melhor observação na dinâmica de decomposição e mineralização dessas espécies nos ambientes de estudo para compreender sua dinâmica nesses ambientes.

4.5 VARIÁVEIS BIOLÓGICAS

4.5.1 Diversidade e densidade da mesofauna do solo

As principais classes identificadas foram Hexapoda, Insecta e Arachnida (Figura 18) em um total de 5.404 indivíduos distribuídos em 23 ordens nas estações seca e chuvosa no período de janeiro e agosto de 2014, respectivamente. Sendo 84,34 % dos indivíduos pertencentes aos grupos Acari (66,27 %), Collembola (7,48 %), Hymenoptera (Formicidae) (6,15 %) e Diptera (4,44 %). A classe Arachnida apresentou a maior abundância, com 3.610 indivíduos nas duas estações climáticas (66,80 %) com frequência total de Acari (3.595) correspondendo a 99,58 % da classe.

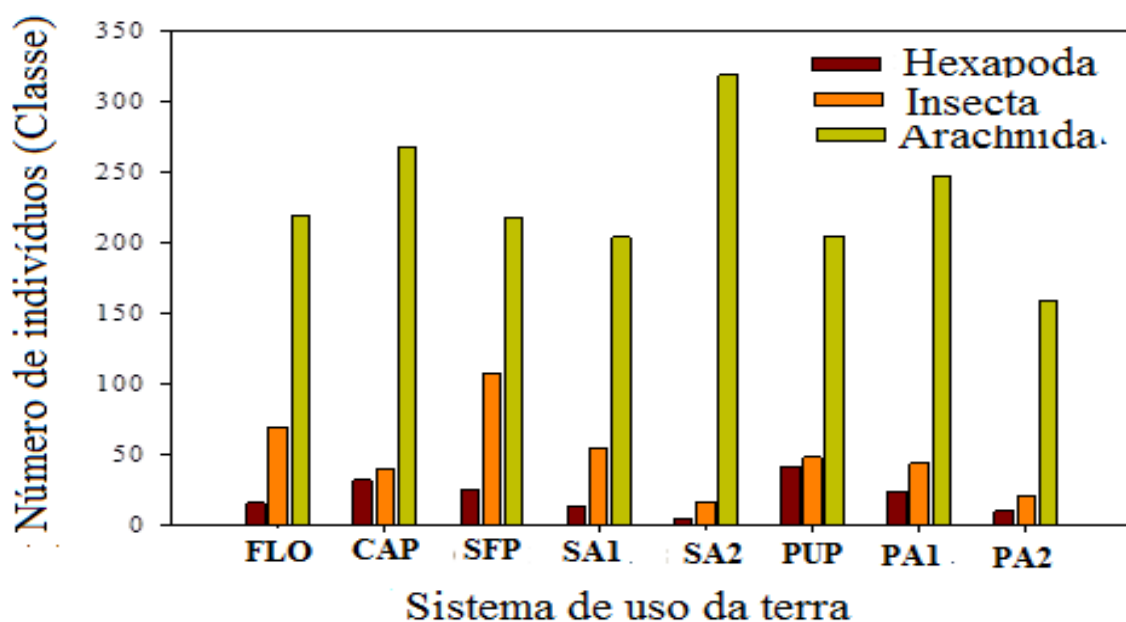


Figura 18-Distribuição das três classes da mesofauna com maior número de indivíduos identificadas nos diversos sistemas de uso da terra nas duas estações climáticas (seca e chuvosa) no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Floresta primária (FLO); 2 = Capoeira (CAP); 3 = Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); 4 = Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); 5 = Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); 6 = Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); 7 = Pastagem manejada (PA1); 8 = Pastagem alterada (PA2).

A segunda maior classe em abundância foi a classe Insecta, que ocorreu com maior diversidade, 11 ordens, com 1.050 indivíduos, representando 19,43 % da mesofauna identificada. A terceira maior classe em abundância foi a Hexapoda, com 467 indivíduos, com aproximadamente 62 % coletados na estação seca, tendo destaque a ordem Collembola. Esta foi a segunda ordem em abundância na mesofauna coletada do solo.

4.5.1.1 Diversidade e densidade na estação seca

Nesta estação, que abrange os meses de outubro a março, com cerca de 18% da precipitação anual (MOURÃO JR. et al., 2003), foi coletado o total de 2.557 indivíduos de 23 ordens (Tabela 18), com dominância de Acari (71%), Collembola (6,14 %), Hymenoptera (5,00 %) e Diptera (3,36 %), respondendo a 85 % dos espécimes estudados nos solos sob cultivo de pupunheira (PUP) e Floresta plantada (SFP).

Tabela 18-Número de indivíduos da mesofauna por Classe ou Ordem em cinco amostras de solo, em oito diferentes sistemas de uso da terra na estação seca no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR, extraídos pelo método Berlese-Tullgren.

Classe/Ordens	Sistemas de uso da terra ¹								%
	FLO	CAP	SFP	SA1	SA2	PUP	PA1	PA2	
	----- Indivíduos (m ²) -----								
HEXAPODA									
Collembola	1.306	776	939	327	245	1.592	816	408	6,14
Protura	0	82	0	82	0	0	245	0	0,39
Diplura	41	163	82	41	0	0	0	122	0,43
INSECTA									
Coleoptera	980	122	490	245	122	286	122	41	2,30
Diptera	490	327	816	367	122	939	245	204	3,36
Homoptera	0	0	163	327	0	0	980	286	1,68
Hemiptera	41	0	41	0	41	82	0	0	0,19
Thysanoptera	204	0	82	286	41	41	163	0	0,78
Isoptera	0	41	408	0	0	82	0	122	0,62
Hymenoptera	1.020	653	2.204	653	245	163	41	163	4,92
Psocoptera	122	0	82	245	122	327	204	41	1,09
Orthoptera	0	449	0	0	0	0	0	0	0,43
Trichoptera	0	41	122	82	0	41	0	0	0,27
Blattodea	0	0	0	0	0	0	41	0	0,03
ARACHNIDA									
Acari	8.735	10.816	8.898	8.327	13.020	8.286	10.082	6.449	71,49
Araneae	0	0	0	0	0	82	0	41	0,11
Pseudoscorpiones	82	122	0	0	0	0	0	0	0,19
Palpigradi	163	0	0	0	0	0	0	0	0,15
CRUSTACEAE									
Isopoda	41	0	0	0	0	327	0	0	0,35
CHILOPODA	0	0	41	0	0	0	0	0	0,04
DIPLOPODA	41	571	0	0	82	286	163	0	1,09
SYMPHYLA	0	163	327	122	41	1.429	571	41	2,58
PAUROPODA	41	122	163	82	41	816	41	41	1,29
Total de Indivíduos	326	354	364	274	346	362	336	195	100
Número de Grupos	14	14	15	13	11	15	13	12	
H ²	1,31	1,12	1,47	1,14	0,43	1,61	1,12	0,87	
Pi ³	0,49	0,42	0,54	0,44	0,18	0,59	0,43	0,35	

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Índice de Shannon.

³Índice de Pielou.

Observou-se elevada diversidade da mesofauna, de acordo com o índice de Shannon de 1,61 e 1,47, respectivamente, seguido pelo sistema de floresta nativa (FLO) (Índice de Shannon de 1,31). Em solos sob sistema agroflorestal de alto insumo (SA2) e sistema de pastagem alterada (PA2) foram obtidos os menores índices de diversidade (Índice de Shannon de 0,43 e 0,87, respectivamente) entre os grupos da mesofauna. A maior diversidade foi observada nas ordens Acari e Collembola (Índice de Shannon de 2,06 e 1,92, respectivamente).

Orthoptera, Blattodea, Palpigradi e Chilopoda aparecem com a menor diversidade, segundo os valores encontrados pelos índices de Shannon e de Pielou (Tabela 18). Orthoptera ocorreu com a densidade de 449 indivíduos por metro quadrado, exclusivamente no solo sob sistema capoeira (CAP). Entre as mesofaunas, as ordens Orthoptera, Pseudoscorpiones, Palpigrade e Chilopoda foram observadas apenas em ambientes naturais ou com regeneração como FLO, CAP e SFP. A Pauropoda apresentou a maior densidade no solo sob PUP, com 60,60 %, enquanto Symphyla ocorreu com 53,03 % e Collembola com 28,96 % na mesma área.

4.5.1.2 Diversidade e densidade na estação chuvosa

A estação chuvosa concentra 58 % das chuvas anuais registradas nos meses de maio a julho (MOURÃO JR. et al., 2003). Nesta estação, foram coletados 2.847 indivíduos, distribuídos em 21 ordens (Tabela 19). A distribuição de grupos dominantes ocorreu semelhante aos resultados obtidos na estação seca. Do total dos indivíduos, 83 % pertencem aos grupos Acari (72,06 %), Collembola (8,74 %), Formicidae (7,30 %) e Diptera (5,44 %). Ficaram ausentes Palpigrade e Orthoptera, embora tenham sido observados somente nos sistemas FLO e CAP na estação seca. Quanto aos demais grupos, não foi possível definir um padrão de distribuição devido à pequena amostragem.

A maior diversidade de grupos taxonômicos foi encontrada nos sistemas naturais, como FLO e CAP, o que corrobora com o encontrado em outros estudos da Amazônia (FERREIRA et al., 2011; TAPIA-CORAL et al., 2014). Esta maior diversidade dos grupos pode estar associada à diversidade de plantas e serapilheira das partes aérea e subterrânea nesse tipo de ecossistema. O sistema de floresta plantada (SFP) foi considerado “natural” por não ter recebido nenhuma intervenção ou manejo de manutenção, além do plantio de *Acacia mangium*. Este plantio iniciou como um sistema de enriquecimento de capoeira, com esta espécie de

rápido crescimento. As plantas de *Acacia mangium* dominaram todos os extratos e são, inclusive, consideradas “invasoras” pela Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) (AGUIAR JR. et al., 2014), que considera como invasora aquela espécie que é encontrada em ambientes naturais, em reprodução e em processo de expansão para outras áreas, além do ponto de introdução, como espécie exótica.

Índices elevados de diversidade foram determinados nos sistemas FLO, CAP e SFP: 1,70; 1,77 e 1,82, respectivamente. Esses índices são reflexos do volume e qualidade da serapilheira presente nos sistemas naturais que são favorecidos com os níveis satisfatórios de matéria orgânica, densidade, porosidade na camada superficial, retenção da água e de nutrientes que são essenciais à manutenção e desenvolvimento das plantas. Os componentes biológicos desses sistemas exercem papel crucial na fertilidade e sustentabilidade, atuando no processo de decomposição da biomassa do compartimento serapilheira-solo (SIMPSON et al., 2012; SILVA et al., 2014).

Assim, a principal função da mesofauna é a transformação da matéria orgânica, e muitos destes sistemas dependem quase que exclusivamente da ciclagem para o fornecimento de nutrientes às plantas. Além disso, muitas espécies de pequenos artrópodes encontrados nestes ambientes atuam como agentes de controle natural de pragas, polinizadores ou fonte de alimento para outros invertebrados, entre outras funções relevantes para a manutenção dos ecossistemas terrestres, atuando principalmente na fragmentação de resíduos vegetais da serapilheira, aumentando a superfície de contato para o ataque de microrganismos, a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes para o solo (VILLATORO, 2004; LAVELLE et al., 2006; TARRÁ et al., 2012; BROWN et al., 2015).

Tabela 19-Número de indivíduos da mesofauna por Classe ou Ordem em cinco amostras de solo de diferentes sistemas de uso da terra, na estação chuvosa, no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR, extraídos pelo método Berlese-Tullgren.

Classe/Ordens	Sistemas de uso da terra ¹								
	FLO	CAP	SFP	SA1	SA2	PUP	PA1	PA	%
	----- Indivíduos (m ²) -----								
HEXAPODA									
Collembola	1.306	776	939	327	245	1.592	816	40	8,74
Protura	41	0	0	0	0	41	122	0	0,17
Diplura	449	286	571	41	0	0	0	0	1,16
INSECTA									
Coleoptera	204	694	531	449	286	490	327	367	2,88
Diptera	612	612	1.143	939	898	1.347	408	367	5,44
Homoptera	41	0	0	41	41	41	0	776	0,80
Hemiptera	82	0	0	0	41	41	82	0	0,21
Thysanoptera	0	0	82	163	204	82	82	41	0,56
Isoptera	286	408	2367	0	0	694	122	41	3,37
Hymenoptera	408	245	4.980	531	0	776	1.020	531	7,30
Psocoptera	204	41	0	41	0	0	0	0	0,24
Orthoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	0	204	531	82	0	980	245	163	1,90
Blattodea	0	0	0	0	0	0	41	0	0,03
ARACHNIDA									
Acari	4.531	2.898	7.633	5.918	6.449	9.224	11.878	23.	62,06
Araneae	41	0	82	0	0	0	0	0	1,01
Pseudoscorpiones	0	41	0	0	0	0	0	0	0,03
Palpigradi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRUSTACEAE									
Isopoda	41	0	0	0	82	0	0	41	0,14
CHILOPODA	41	41	0	82	163	41	0	0	0,31
DIPLOPODA	82	41	245	694	204	122	41	0	1,22
SYMPHYLA	41	0	204	163	0	327	367	0	0,94
PAUROPODA	122	82	163	41	408	571	1.020	286	2,31
Grupos	17	13	13	14	11	15	14	11	
H ²	1,70	1,77	1,82	1,51	1,24	1,60	1,29	0,57	
Pi ³	0,60	0,67	0,67	0,57	0,51	0,58	0,49	0,2	

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Índice de Shannon.

³Índice de Pielou.

Seis sistemas de uso da terra, dos oito avaliados, mostraram a dominância de folhas na composição da serapilheira, com exceção dos sistemas PUP e PA2, que apresentaram pobreza ou ausência de folhas no chão (Tabela 10). O tipo de folha sobre o solo, cobertura e diversidade

vegetal, temperatura e umidade são variáveis que influenciam na ciclagem, respondendo com as diferenças na diversidade e na densidade da fauna do solo. Os sistemas agrícolas ou pastagens são representados por diversidade e densidade vegetal inferior aos sistemas naturais, necessitando de fauna especializada em decomposição do tecido vegetal ou resíduos culturais do sistema, que pode reduzir a diversidade da mesofauna nos sistemas de produção. Esses dois sistemas agrícolas ou pastagens apresentaram pobreza em mesofauna, com exceção do sistema PUP, que, devido à cobertura, umidade e composição do tecido ou resíduo vegetal incorporado, possibilitou a rápida mineralização do estoque da serapilheira.

A dinâmica e as interações da mesofauna com os processos de decomposição da serapilheira ainda são pouco explorados nos sistemas amazônicos. Esperava-se que nos sistemas agroflorestais o comportamento da diversidade biológica fosse mais próximo dos sistemas naturais, devido à maior complexidade biofísica desses sistemas em relação aos cultivos tradicionais ou agrícolas. Os sistemas agroflorestais SA1 e SA2 apresentaram comportamento semelhante, com densidade total muito próxima: 244 e 236 espécimes por metro quadrado, respectivamente. O sistema SA1 apresentou índice de Shannon de 1,51; e no sistema SA2 o índice Shannon foi de 1,24. Este último sistema apresentou o segundo índice de Shannon mais baixo na estação chuvosa, e o menor índice na estação seca. O índice de Shannon baixo em relação aos outros sistemas de uso pode significar que os componentes vegetais dos sistemas agroflorestais não apresentaram condições similares aos ambientes naturais que favorecessem a diversidade e as atividades funcionais da mesofauna do solo, salientando que apenas cinco espécies vegetais foram plantadas nestas áreas.

Nos sistemas agroflorestais, a serapilheira apresentou qualidade e quantidade semelhantes às dos sistemas naturais, com estoque de 3,90 e 3,69 mg ha⁻¹ (Tabela 10). Nos sistemas SA1 e SA2 observou-se dominância de folhas de castanheira-do-Brasil e de cupuaçuzeiro, que são coriáceas e de mais lenta decomposição, influenciando na densidade de espécimes decompositores. As diferenças observadas na composição da mesofauna entre os sistemas agroflorestais são devidas, provavelmente, ao efeito da calagem e da adubação mineral aplicado no solo do SA2, uma vez que os dois sistemas apresentam a mesma composição arbórea ou arranjo florestal. Na estação seca, observou-se maior contraste entre os dois sistemas.

A mesofauna observada no solo do sistema SFP apresentou densidade aproximada à dos solos dos sistemas FLO e CAP nas estações seca e chuvosa, embora tenha apresentado a

maior densidade Hymenoptera (*Formicidae*) entre todos os sistemas avaliados. No período chuvoso, observou-se maior densidade *Formicidae* que, para alguns autores, é uma indicação de estado de degradação do ambiente, sendo a presença da família *Formicidae* frequentemente observada em áreas mal manejadas, servindo de referência para estudos de impacto ambiental (BARRETA et al., 2011; BOMFIM, 2013; NEMEC et al., 2014).

O sistema PUP apresentou manejo de adubação, calagem e corte periódico para retirada do palmito e desbaste. Essa última prática favoreceu a incorporação dos resíduos culturais nas linhas de plantio, fornecendo resíduo vegetal de fácil decomposição, que também auxilia na manutenção da umidade e no controle da temperatura, que são fatores importantes no processo de mineralização da serapilheira, resultando em mais altas densidades e maior diversidade da mesofauna entre os sistemas de uso da terra estudado tanto na estação seca como na estação chuvosa (Figura 19).

O processo de mineralização da biomassa é confirmado pelo menor volume de serapilheira e maior densidade de indivíduos de grupos funcionais ligados à decomposição da biomassa, como Collembola, que apresenta elevada densidade nesses sistemas. Os resultados aqui obtidos registraram maior densidade de Collembola na estação chuvosa e distribuição mais homogênea entre os sistemas, com exceção dos sistemas PA2, que apresentam menor densidade de Collembola nas duas estações climáticas. Esses resultados podem estar associados à ausência de cobertura verde, matéria orgânica em decomposição, e sistema radicular, que influenciaram na densidade de Collembola nas pastagens alteradas, e favoreceram nos demais sistemas. A atividade dos Collembola ajuda na reabilitação da superfície do solo, e são importantes como bioindicadores do solo, devido à sua sensibilidade ao estresse ambiental, principalmente acidez do solo e composição química (OLIVEIRA, 1993; OLIVEIRA, 2013; ACIOLI et al., 2015).

As pastagens são os sistemas de uso da terra mais frequentes em Roraima, após a retirada da floresta nativa, e são caracterizadas, na sua maioria, por alterações na qualidade física do solo. O solo sob pastagens foi o que apresentou maior alteração nas variáveis densidade e porosidade com reflexo na degradação das propriedades físicas desses. Essas alterações têm estreita relação com o desenvolvimento da comunidade da mesofauna, pois a pressão exercida pelo pisoteio animal provoca maior agregação do solo, embora a compactação do solo também possa ser atribuída à cobertura do solo das espécies de gramíneas não adaptadas às situações edafoclimáticas da região, que são afetadas com a maior ocorrência de

ciclos, umedecimento e secagem, ocasionando maior exposição aos raios solares (CRUZ et al., 2014; OLIVEIRA et al, 2015).

O sistema PA2 apresenta elevada densidade: 23.592 espécimes por metro quadrado em relação aos demais tratamentos; mas com baixa riqueza, apenas 11 grupos, Índice Shannon de 0,57. Acari tem 88 % dos indivíduos coletados no sistema de pastagem degradada (PA2), correspondendo a três vezes a densidade da estação seca. A maior abundância deste grupo registrada nesse sistema provavelmente deve-se à capacidade de algumas espécies adaptarem-se mais facilmente a ambientes alterados. Relatos de ocorrência elevada de Acari em áreas com condições adversas foram encontrados por Morais et al. (2013) e Acioli et al. (2015), e em áreas de pastagem na Amazônia central (OLIVEIRA, 1993). Entretanto, a maior abundância de Acari não influencia os processos de decomposição; e, embora sejam os mais abundantes componentes da mesofauna, não são os mais importantes agentes de fragmentação do folheto (FRANKLIN et al., 2004; KARYANTO et al., 2008). Acari e Homoptera são registrados com maiores densidades no período chuvoso no sistema PA2 que, para alguns ecólogos, não podem ser definidos quanto à função ecológica, podendo atuar como decompositores, praga ou predadores (BACHELIER, 1978; SAWAHATA; NARIMATSU, 2006; BROWN et al., 2015).

O sistema PA1 recebeu menor carga animal em comparação ao sistema PA2; e apresentou total cobertura do solo, o que favoreceu a menor variação da umidade e temperatura do solo, levando ao equilíbrio da comunidade da mesofauna, que apresentou nível de densidade semelhante ao sistema CAP na estação seca com Índice Shannon de 1,12 e densidade maior que a do o sistema de floresta nativa (FLO), com destaque para as ordens Homoptera e Acari. A ordem Blattodea apresentou baixa e exclusiva ocorrência no sistema PA1 tanto na estação seca quanto na chuvosa.

O conceito do grupo funcional usado pelos ecologistas facilita na descrição das comunidades da fauna do solo e na interpretação da sua importância. Com base nas classificações de Bachelier (1978) e Sawahata e Narimatsu (2006) foi possível estabelecer, nas áreas estudadas, seis níveis tróficos, com dominância dos detritívoros, predadores, fungívoros, onívoros, fitófagos, hematófagos e xilófagos, respectivamente (ANEXO 5). Os Isoptera, Acari e Pauropoda são enquadrados em três níveis tróficos, mas tem em comum, apenas, o hábito de serem fungívoros e decompositores, sendo que apenas Isoptera é classificado como xilófago, uma vez que os indivíduos da ordem Coleoptera presentes estão na fase larval e não desenvolvem o hábito xilófago. Isoptera foi o único grupo no nível trófico dos xilófagos.

Observou-se que os detritívoros (Diplopoda, Symphyla e Pauropoda) ocorreram com elevada densidade no solo sob cultivo de pupunha. Observa-se, nesta área, rápida decomposição dos resíduos orgânicos depositados sobre o solo, embora ocorra, também, pequena produção primária. Acari Oribatida e Collembola são detritívoros, e por serem numericamente dominantes no solo da floresta e das capoeiras, é de se esperar que ambos prestem relevante serviço ambiental (WISSUWA et al., 2013).

Estudos mais recentes de Brown et al. (2015) propõem a organização dos níveis tróficos da mesofauna de acordo com os processos de melhoria de atributos físicos, como agregação, porosidade e infiltração de água; e no funcionamento biológico do solo, classificando-os em quatro grandes grupos funcionais: predadores/parasitas, detritívoros/decompositores, geófagos/bioturbadores e fitófagos/pragas.

No entanto, por existirem grupos funcionais redundantes (BRUSSAARD, 2012), exemplificando-se, grupos que pertencem a pelo menos quatro níveis tróficos, como Coleoptera e Formicidae, que são decompositores, predadores, onívoros e fungívoros e que só podem ser definidos a partir de estudos funcionais em nível de espécie, dificulta a interpretação dos resultados em nível de ordem, além da necessidade da interpretação de variáveis de fácil mensuração, compreensíveis, úteis e acessíveis para o agricultor, com observação de densidades de ordens associadas ao manejo cultural.

4.5.2 Diversidade e densidade de Collembola

Foram identificados 406 indivíduos distribuídos em sete famílias, nove gêneros e 26 morfoespécies nas estações seca e chuvosa. Indivíduos das subordens Poduromorpha e Symphypleona ainda não foram identificados em nível de morfoespécie para este trabalho.

Isotomidae ocorreu com 187 indivíduos (46,05%), com maior frequência do gênero *Isotomiella* ssp, com 86 indivíduos que representam 36,28 % do gênero. A segunda família mais frequente foi Entomobryidae, com 73 indivíduos (18%). Espécies não conhecidas taxonomicamente receberam um número sequencial para cada gênero para facilitar a citação no texto. A riqueza de espécies registrada neste estudo é considerada baixa, com base em estudos realizados por Oliveira e Deharveng (1995); Oliveira (2009); e Oliveira (2013) em área de

floresta nativa na Amazônia Central. Entretanto, como se trata do primeiro trabalho de levantamento de diversidade de Colembola na região, vários fatores podem ter influenciado esses resultados.

A segunda Classe mais frequente é Collembola, confirmando estudos de Baretta et al. (2008); Fiera (2009); Baretta et al. (2011); Morais et al., (2013) e Bellinger et al. (2015), podendo, potencialmente, fornecer subsídios pela frequência e diversidade aos estudos de impactos ambientais. A diversidade de Collembola tem sido usada como bioindicador de distúrbios, efeitos da intervenção antrópica, bem como da qualidade do solo (CUTZ-POOL et al., 2007). Segundo os estudos de Baretta et al. (2008) sobre indicadores de qualidade do solo, as famílias de Collembola são sensíveis às intervenções antrópicas.

4.5.2.1 Diversidade e densidade de Collembola na estação seca

Foram identificados 157 indivíduos de 23 gêneros (Tabela 20), com dominância de Entomobryidae e Isotomidae. As espécies mais frequentes foram *Isotomiella* ssp. (27 indivíduos), *Paronella* sp. 2 (26 indivíduos) e *Cyphoderus arlei* (19 indivíduos), que se apresentaram bem distribuídas nos solos sob os diferentes usos, representando 45,85% do total da fauna coletada. De 23 espécies estudadas, somando 157 indivíduos, o solo sob FLO foi o que apresentou maior diversidade (15 espécies), seguido pelo solo sob PUP (12 espécies).

Menor riqueza de espécies foi observada nos solos sob SA2 (cinco espécies), SA1 (seis espécies) e PA2 (seis espécies). Os solos onde se observou maior diversidade em nível de espécies também se observou a maior riqueza, com 39 e 32 indivíduos sob FLO e PUP, respectivamente. O solo sob cultivo de pupunheira/palmito foi o que apresentou a maior densidade de Collembola, com destaque para a espécie *Lepidosira* sp. 2, que foi exclusiva desse sistema de uso da terra. Algumas espécies apresentam destaque, como: *Istomiella* ssp. (nove indivíduos) e *Cyphoderus arlei* (sete indivíduos). O solo sob FLO foi o que apresentou a maior diversidade de espécies, com destaque para as espécies *Lepidosira* sp 1, *Paronella* sp 3 e *Isotomurus pseudosenllatus*, que foram coletadas exclusivamente no solo deste tratamento.

Tabela 20-Número de indivíduos de Collembola por família ou espécie obtidos em cinco amostras de solo de diferentes sistemas de uso da terra na estação seca no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR, extraídos pelo método Berlese-Tullgren.

Família/Espécie	Sistemas de uso da terra ¹								TOTAL
	FLO	CAP	SFP	SA1	SA2	PUP	PA1	PA2	
ENTOMOBRYIDAE									
<i>Entomobrya uambae</i>	0	1	1	0	2	1	0	0	5
<i>Entomobrya</i> sp 1	1	1	0	0	1	1	0	1	5
<i>Entomobrya</i> sp 2	0	0	1	2	0	0	0	0	3
<i>Lepidocyrtus</i> sp 1	1	0	5	1	0	0	1	1	9
<i>Lepidocyrtus</i> sp 2	3	2	0	0	0	5	0	0	10
<i>Mastigoceras camponoti</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	2
<i>Lepidosira</i> sp 1	4	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Lepidosira</i> sp 2	0	0	0	0	0	5	0	0	5
<i>Seira</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0	0	2
PARONELLIDAE									
<i>Paronella</i> sp 2	3	6	4	1	0	5	7	0	26
<i>Paronella</i> sp 3	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Salina celebensis</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	3
ISOTOMIDAE									
<i>Isotomiella</i> ssp	4	6	3	0	0	9	2	3	27
<i>Folsomina onychiurina</i>	4	0	0	0	0	1	2	3	10
<i>Folsomides americanus</i>	1	0	1	0	0	1	1	1	5
<i>Isotomurus pseudosensillatus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Proisotoma oliverae</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	2
CYPHODERIDAE									
<i>Cyphoderus arlei</i>	1	0	4	2	1	7	4	0	19
ONYCHIURIDAE									
<i>Mesaphorura amazonica</i>	0	0	2	1	1	0	0	0	4
PODUROMORPHA									
	4	0	1	0	0	0	1	0	6
SYMPHYPLEONA									
	1	0	0	1	0	1	0	0	3
DICYRTOMIDAE									
	0	1	0	0	0	1	1	1	4
NEELIDAE									
<i>Neelus</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	1
N° de indivíduos	32	19	23	8	6	39	20	10	157
N° de espécies	15	8	10	6	5	13	9	6	
H ²	2,01	1,73	1,22	1,73	1,56	2,18	1,90	1,41	
Pi ³	0,74	0,83	0,96	0,96	0,96	0,85	0,86	0,79	

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Índice de Shannon.

³Índice de Pielou.

Nos meses mais secos (dezembro, janeiro e fevereiro) constatou-se redução dos grupos faunísticos, provavelmente, por diminuição nas condições de sobrevivência, devido ao déficit hídrico; bem como, à temperatura do solo mais elevada, restando apenas os mais adaptados a essas condições, uma vez que esses organismos habitam as camadas internas do solo, estando de acordo com o comportamento observado por Araújo et al. (2013).

4.5.2.2 Diversidade e densidade de Collembola na estação chuvosa

Foram coletados 249 indivíduos pertencentes a nove famílias (Tabela 21). As famílias Entomobryidae e Isotomidae apresentaram as maiores diversidade de espécie, ambas com sete espécies. As maiores frequências foram as espécies *Isotomiella* ssp (59 indivíduos), *Proisotoma oliverae* (33 indivíduos) e *Paronella* sp. 2 (27 indivíduos) que, em conjunto, representaram 47,79 % do total da fauna de Collembola.

Das 20 espécies identificadas, 15 ocorreram no solo sob FLO, seguido pelo SFP, com 12 espécies. A menor diversidade de espécies foi observada no SA1, com oito espécies, SA2, com nove espécies e PA2, com seis espécies. A aplicação do Índice Shannon revelou maior diversidade no sistema FLO (2,51 Índice de Shannon), embora a maior equitabilidade ou distribuição tenha sido observada no solo sob PUP (0,95 Índice de Pielou). Este solo sob PUP foi o que apresentou a maior frequência de indivíduos, com destaque para a espécie *Proisotoma oliverae*. O solo sob PUP apresentou elevada diversidade de espécies quando comparado aos demais. E o solo sob FLO, utilizado como referência, apresentou maior riqueza de espécies. A razão para essa diversidade pode ser a grande variedade de recursos e microhabitats, que está ligada à heterogeneidade do ambiente e à riqueza de espécies, sugerida por Baretta (2011) e Oliveira (2015).

Há, aproximadamente, 8.000 espécies de Collembola descritas, distribuídas em 34 famílias (BELLINGER et al., 2015). O Brasil é, provavelmente, o possuidor de uma das faunas de Collembola mais diversas do planeta (ABRANTES et al., 2010).

Tabela 21-Número de indivíduos de Collembola por família ou espécie obtidos em cinco amostras de solo de diferentes sistemas de uso da terra na estação chuvosa no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR, extraídos pelo método Berlese-Tullgren.

Família/Espécie	Sistemas de uso da terra ¹								TOTAL
	FLO	CAP	SFP	SA1	SA2	PUP	PA1	PA2	
ENTOMOBRYIDAE									
<i>Entomobrya uambae</i>	2	0	0	0	0	0	1	0	3
<i>Entomobrya</i> sp 1	1	1	2	1	2	1	0	0	8
<i>Entomobrya</i> sp 2	1	0	0	0	0	0	4	1	6
<i>Lepidocyrtus</i> sp 1	1	0	0	1	0	1	0	2	5
<i>Lepidocyrtus</i> sp 2	0	1	0	0	0	1	0	0	2
<i>Lepidocyrtus</i> sp 3	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Lepidosira</i> sp 2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
PARONELLIDAE									
<i>Paronella</i> sp 2	4	2	12	2	1	0	6	0	27
ISOTOMIDAE									
<i>Isotomiella</i> ssp	2	11	20	9	8	3	5	1	59
<i>Folsomina</i>	5	0	6	0	2	0	2	0	15
<i>Folsomides</i>	0	1	3	0	0	0	0	1	5
<i>Isotomurus</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	3
<i>Proisotoma oliverae</i>	2	1	0	0	1	20	5	4	33
<i>Isotomodes</i>	1	4	1	0	1	0	14	0	21
<i>Paracerura</i>	2	0	2	1	0	0	1	0	6
CYPHODERIDAE									
<i>Cyphoderus arlei</i>	1	3	1	2	4	1	9	0	21
ONYCHIURIDAE									
<i>Mesaphorura</i>	0	0	3	1	0	2	0	0	7
PODÚROMORPHA									
	3	3	1	2	0	0	0	0	9
SYMPHYPLEONA									
	5	1	0	0	1	3	3	0	13
DICYRTOMIDAE									
	1	0	0	0	0	0	0	0	1
NEELIDAE									
<i>Neelus</i> sp.	1	0	1	0	1	0	0	0	3
Nº de indivíduos	32	29	55	19	21	32	51	10	249
Nº de espécies	15	11	12	8	9	8	11	6	20
H ²	2,51	1,99	1,95	1,68	1,26	1,34	2,09	1,60	
Pi ³	0,92	0,77	0,78	0,81	0,57	0,64	0,95	1,00	

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Accacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Índice de Shannon.

³Índice de Pielou.

No estudo da diversidade de Collembola, constatou-se uma variedade no número de famílias entre os sistemas de uso da terra. Este dado, embora preliminar, sugere que a floresta nativa e a capoeira retêm maior riqueza de espécies que os demais sistemas; e isso se deve à

maior diversidade da vegetação. Estudos vêm destacando que existem desafios ligados à riqueza de Collembola na região Amazônica com registro predominante de morfoespécies em estudo de riqueza (OLIVEIRA, 2013). Por isso, a comparação entre os morfotipos, coletados em estudos anteriores, torna-se necessária para se conhecer a real diversidade taxonômica da região. Outra questão está relacionada à identificação de alguns gêneros, como Trogolaphysa e Setogaster, que, possivelmente, são equivalentes a Paronella e Lepidocyrtus, respectivamente. Os gêneros Trogolaphysa e Setogaster foram frequentemente registrados em estudos anteriores; mas, neste estudo, foram tratados como Paronella e Lepidocyrtus, respectivamente.

4.6.1 Análise de componentes principais e de agrupamento hierárquico

Como forma de reunir maiores efeitos observados nos diversos sistemas de uso da terra, e diante do comportamento similar entre variáveis, foi estabelecido um elenco de variáveis com representatividade no conjunto de dados analisados. A camada orgânica do solo que reúne profundidades de 0-5 cm e de 5-10 cm foi selecionada calculando-se a média simples de cada variável nas duas camadas para compor a análise de componentes principais (ACP). Assim, considerando os atributos da fertilidade do solo, têm-se como representantes a soma de bases trocáveis (SB) e o teor de fósforo disponível (P); considerando a toxidez no solo, têm-se o alumínio trocável (Al^{3+}); considerando o potencial orgânico responsável pelo fornecimento da energia química e dos nutrientes para os processos de decomposição heterotrófica no solo, realizado pelos microrganismos que dinamizam os sistemas naturais, têm-se o teor de matéria orgânica (MO); considerando a capacidade de retenção de cátions nos sistemas, têm-se a capacidade de troca de cátion efetiva do solo (CTC); considerando a capacidade de reter água, de infiltração, de desenvolvimento de raízes entre outras funções fundamentais da física do solo, têm-se as variáveis densidade (Ds) e porosidade total (Pt) e, por fim, considerando a baixa amostragem de alguns táxons, sem apresentar padrão mais definido de distribuição entre os sistemas de uso da terra devido, principalmente, à sua baixa amostragem, foram selecionados os grupos mais abundantes na mesofauna do solo, os grupos taxionômicos Acari, Collembola, Hemynoptera e Diptera, que representaram 84,34 % do total de indivíduos estudados nos diversos sistemas de uso da terra. Portanto, foram consideradas as variáveis que mais discriminaram na diferenciação entre os sistemas na análise de componentes principais (ACP). Para a representação gráfica destes componentes foram utilizados os dois primeiros

componentes principais, representando o poder discriminatório dos atributos do solo em cada sistema estudado.

A ACP, por meio da observação da projeção gráfica (Figura 21) dos pontos-variáveis e pontos-observações no primeiro plano (formado pelo eixo I e II) possibilitou explicar a maior variabilidade dos dados, e permitiu descrever linhas da estrutura analítica. No plano dos componentes principais CP1 e CP2 foi explicado 66,5 % dos dados.

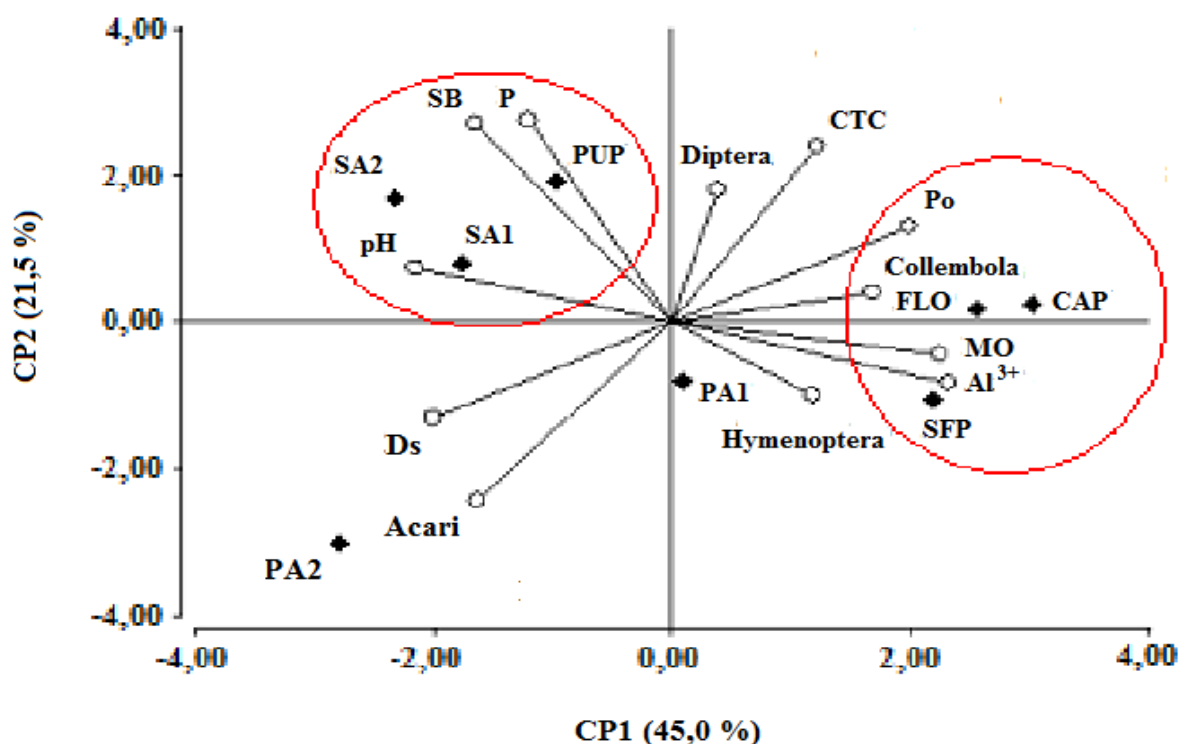


Figura 20-Relação entre os componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2) da análise de componentes principais (ACP), discriminando os efeitos das variáveis físicas, químicas e mesofauna.

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

As variáveis SB= Soma de bases; Al³⁺ = Alumínio trocável; MO = Matéria orgânica; CTC = Capacidade de troca de catiônica; P= Fósforo disponível; pH = Potencial hidrogeniônico; Ds = Densidade do solo; Po = Porosidade do solo; Acari = Ordem Acari; Collembola = Ordem Collembola; Hymenoptera = Ordem Hymenoptera; Diptera = Ordem Diptera.

O componente principal 1 (CP1) com 45,0%, ligado positivamente às variáveis: alumínio trocável (0,90); matéria orgânica (0,88); porosidade (0,78); Collembola (0,66). E, negativamente, às variáveis: potencial hidrogeniônico (0,83); densidade (0,78); soma de bases trocáveis (0,64) e densidade de acari (0,64). O componente principal 2 (CP 2) explicou 21,5 % dos dados, ligados positivamente às variáveis: teor de fósforo (0,74); soma de bases (0,73) e capacidade de troca de cátions (0,64). E, negativamente, às variáveis: densidade de acari (0,65) e densidade do solo (0,35). A CP 2 não pôde deixar de ser interpretada como caráter residual do CP1, embora sejam matematicamente independentes; mas, por serem sucessivos, têm autovalores iguais ou muito próximos, podendo ser analisados num plano global.

A representação gráfica da ACP permite o ordenamento das variáveis de acordo com a dinâmica desenvolvida pelos sistemas de uso da terra em níveis distintos, podendo ser analisada em três categorias: a) sistemas naturais, caracterizados com menor interferência antrópica, alta relação com o teor de MO do solo e Al^{3+} , que estão afinados com a dinâmica dos sistemas FLO, CAP e SFP; b) sistemas agrícolas ou agroflorestais: aqueles que dependem de adição de fertilização para mitigar a perda dos nutrientes do sistema pela exportação via produção, mantendo estreita relação com as variáveis SB, pH e teor P disponível, que podem responder pela sustentabilidade dos sistemas agrícolas na Amazônia e, c) os sistemas relacionados a pastagens que não apresentam relação direta com a fertilidade ou outras variáveis relacionadas aos sistemas naturais.

As variáveis Al^{3+} , MO e Pt e Collembola foram as que se relacionaram positivamente com o CP1, apresentando afinidade com os sistemas FLO e CAP. Morais et al. (2010), em estudos com Collembola na Amazônia, observaram a função decompositora desse grupo da mesofauna, atuando na cobertura verde, matéria orgânica em decomposição; e no sistema radicular, promovendo o aumento da densidade. A densidade de indivíduos nesses sistemas pode estar associada ao alto teor de MO e de Al^{3+} , como constatado nos sistemas FLO e CAP (CRAVO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015). A ordem Hymenoptera apresentou afinidade com o sistema SFP, que resultou em densidade mais elevada de Hymenoptera (*Formicidae*) nesse sistema, tanto no período chuvoso quanto no seco, representando um alerta ou bioindicador de desequilíbrio ambiental, uma vez que vários estudos têm relacionado a frequência da família *Formicidae* a áreas mal manejadas (BARRETA et al., 2011; BOMFIM, 2013).

As variáveis SB, P e pH indicaram características agronômicas relacionadas à capacidade de produção dos sistemas agrícolas e se relacionaram positivamente com o CP2, demonstrando afinidade com os sistemas SA2, PUP e SA1. Esses sistemas agrícolas requerem capacidade do solo de ceder nutrientes para as plantas, e, por isso, têm maior afinidade com as variáveis SB, pH e P.

A variável CTC teve relação inversa com Acari, e ambas não apresentaram afinidade com nenhum sistema de uso da terra. O mesmo comportamento pôde ser atribuído às variáveis Ds e Diptera, embora a variável biológica Acari tenha maior proximidade ao sistema PA2. Essa aproximação pode ser resultante do pastejo animal mais intenso, provocando a compactação do solo e a adição de excrementos orgânicos que podem ter influenciado na população dessa ordem. O sistema PA1 apresentou pouca contribuição na análise de componentes principais, e nenhuma relação com as variáveis estudadas, uma vez que se localizou na porção mediana do CP1 e CP2.

Com apoio na interpretação, a análise de agrupamento hierárquico (Figura 22) apresentou a formação de grupos por similaridade entre os sistemas de uso da terra por meio do comportamento do conjunto de variáveis estudadas. Os grupos formados permitiram distinguir três grupos com dinâmicas distintas, por meio da distância euclidiana (Figura 22). Na análise de agrupamento, foi admitido um corte na distância euclidiana próximo a cinco, permitindo uma divisão clara de grupos.

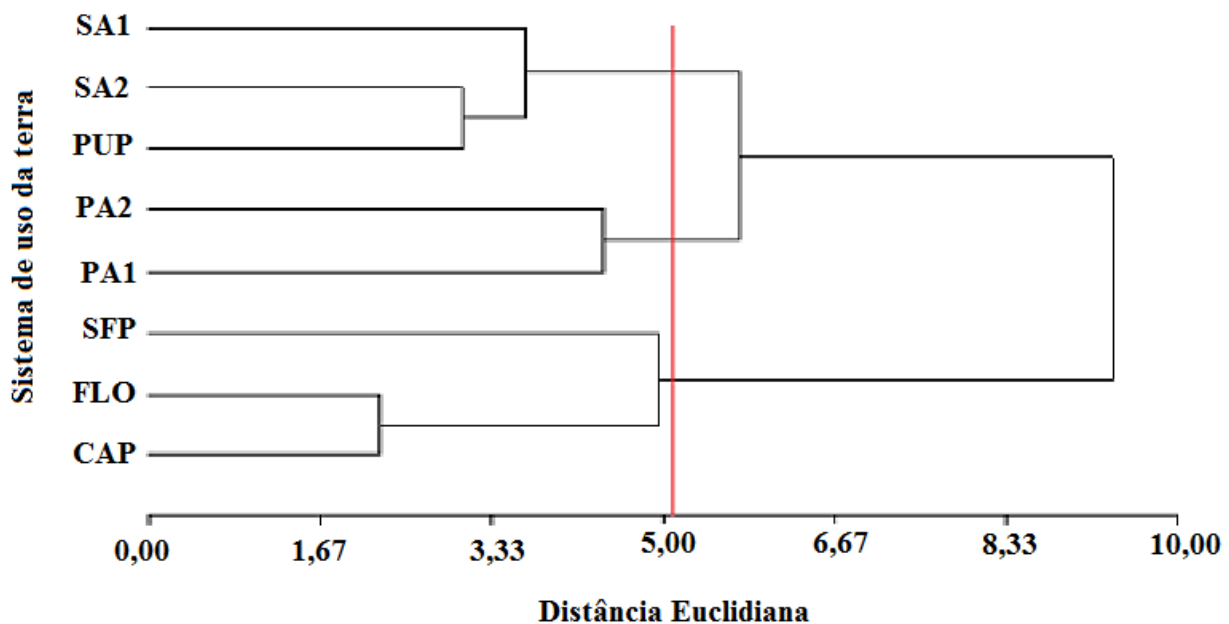


Figura 21-Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos, mostrando a formação de grupos segundo variáveis físicas, químicas e da mesofauna representando os blocos de similaridade estabelecidos pela Distância Euclidiana.

Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

Os resultados observados pela análise hierárquica corroboram com a interpretação estabelecida na ACP, comprovando três grupos dos sistemas de uso da terra: o GI, englobando os sistemas SFP, FLO e CAP; o GII, formado pelos sistemas PA1 e PA2, que são representantes dos sistemas com pastagens na região; e o GIII, formado pelos sistemas agrícolas e agroflorestais SA1, SA2 e PUP. A maior afinidade encontrada entre os sistemas de uso da terra deu-se entre FLO e CAP, ambientes com menor interferência antrópica e maior diversidade vegetal, e com boas características físicas (menor densidade e maior porosidade do solo), com baixa fertilidade natural e pH. Esses sistemas dependem, essencialmente, do fornecimento de nutrientes pela biomassa da floresta ou capoeira, tendendo a uma homogeneidade com relação à mesofauna. Devido, provavelmente, à maior diversidade da cobertura vegetal, sofrem menor variação de temperatura do solo pela menor penetração de luz e calor, além de possuir uma camada de resíduo vegetal que favorece a retenção da umidade do solo que enriquece o sistema.

Segundo alguns autores, esses sistemas prestam relevantes serviços ecológicos, como controle de pragas e doenças e manutenção do clima (MORAIS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2015). Os resultados estão de acordo com o trabalho pioneiro de ODUM (1988), que sugere que a diversidade, em geral, é mais elevada em ecossistemas naturais caracterizados por grande estabilidade, enquanto em ecossistemas com interferência antrópica, a diversidade e a uniformidade dos organismos são mais baixas, com alta dominância de poucas espécies.

O comportamento do sistema SFP indica que, apesar de antropizado, apresenta baixo manejo ou ausência de adição de nutrientes, permanecendo equivalente aos sistemas FLO e CAP; ou seja, sem qualidade química para o suporte de carga produtiva. O solo sob SFP mostrou elevada população de Formicidae (Hymenoptera) nas duas estações.

Formicidae (Hymenoptera) é um grupo de invertebrado, mais numeroso em grande parte dos ecossistemas terrestres, depois de Acari e Collembola, sendo esta a família com maior número de indivíduos dentro desse grupo. A presença de Hymenoptera é útil na avaliação do estado de conservação de um ambiente, uma vez que são considerados indicadores ecológicos. Na pirâmide de fluxo de energia, as formigas possuem importante atuação, pois agem na ciclagem de nutrientes, no controle da população de outros invertebrados, por seu hábito predador, além de atuarem como dispersoras de sementes (SILVA, 2006; RESENDE et al., 2013). Assim, a alta frequência de formigas e cupins (*Syntermes*) associadas ao tratamento SFP, provavelmente está relacionada à qualidade nutricional das folhas e outros resíduos de *Acacia mangium* sobre o solo. No tratamento SFP observou-se um grande volume de serapilheira, estimada em 6,43 mg ha⁻¹; foi o maior volume de serapilheira entre os sistemas de uso da terra, que deve ter influenciado a densidade e a diversidade da fauna.

Os solos da Amazônia, na sua grande maioria, são de baixa fertilidade natural; e, no processo de conversão da floresta nativa para sistemas de produção, têm a dinâmica de ciclagem de nutrientes modificada, fazendo com que os modelos de exploração necessitem de entradas de nutrientes para repor os nutrientes perdidos e favorecer o crescimento da produção vegetal. Essas necessidades são bem evidenciadas no grupo GIII, que envolve os sistemas agrícolas e agroflorestais, fazendo com que os sistemas que recebem adubação apresentem afinidade, independente da composição vegetal. Por outro lado, os sistemas agroflorestais apresentam ambientes diferenciados, e são reconhecidos por seus efeitos positivos para a conservação e para a biodiversidade do solo, uma vez que a estrutura do sistema agroflorestal aproxima-se da vegetação nativa (BROWN et al., 2006). Outro fato a ser considerado são os

resíduos orgânicos depositados na forma de serapilheira dos sistemas agroflorestais provenientes das culturas do cupuaçuzeiro e castanheira-do-Brasil. Estes resíduos exerceram grande influência sobre a mesofauna, principalmente sobre as ordens que têm hábito detritívoro, como Collembola, Coleoptera e Isopoda, que apresentaram densidades menores nesses ambientes; e os outros grupos da mesofauna não mostraram afinidade com os sistemas SA1 e SA2.

A segunda maior afinidade encontrada pela análise de agrupamento está de acordo com a ACP, que está em oposição aos sistemas SFP, FLO e CAP, e deu-se entre os sistemas SA2 e PUP, que são ambientes com maior interferência antrópica, com manejos que envolvem capinas, adições regulares de corretivos e adubação, ratificando as afinidades com as variáveis ligadas à fertilidade (SB e P). No entanto, esses procedimentos alteram a diversidade e a abundância da mesofauna; e esses sistemas - SA2 e PUP- não apresentaram afinidade com nenhum dos grandes grupos da mesofauna, embora o sistema PUP tenha apresentado os mais elevados índices de Shannon e de Pielou. Outro fator a ser considerado no tratamento PUP é a afinidade da variável pH. Para alguns autores, o pH mais baixo proporciona uma maior mineralização do material vegetal nos solos de terra firme da Amazônia, indicando um bom desempenho das atividades dos decompositores (SANTOS et al., 2013).

A mineralização dos resíduos orgânicos das pupunheiras deve ter sido favorecida pela qualidade nutricional do folheto, e pelo equilíbrio dos níveis tróficos da cadeia alimentar do sistema PUP que, possivelmente, refletiu na maior abundância de indivíduos com ampla diversidade de grupos, quando comparada aos sistemas agroflorestais. Em estudo de Moço et al. (2005) sobre caracterização da fauna edáfica em áreas com diferentes coberturas vegetais, também foi observada a mineralização total dos resíduos de pupunheira, ocorrendo com aproximadamente 60 dias quando colocado entre as linhas do plantio.

O grupo GII é representado pelos sistemas que apresentam relações independentes com as variáveis. O sistema PA1 não apresentou relação com nenhuma das variáveis e teve comportamento praticamente neutro com os componentes CP1 e CP2, localizando-se no centro do plano de análise da ACP. O sistema PA2 é o mais comum sistema na região em estudo, e nele a Ds e a Pt do solo são comumente utilizadas para avaliação da qualidade do solo, refletindo a baixa cobertura do solo, que diminui a disponibilidade de abrigo e de alimentação para a mesofauna.

A densidade de Acari, no entanto, teve grande afinidade com o sistema PA2 na análise da PCA. Esse comportamento foi também observado por Oliveira (1993) em uma monocultura de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), observando que 80 % dos indivíduos eram de uma única espécie de Acari do gênero *Archezogetes* sp. ordem *Oribatida*. No ambiente estudado por Oliveira (1993), o solo desta monocultura apresentava-se extremamente perturbado, sem cobertura vegetal e temperatura do solo entre 30 e 40 °C. No solo do sistema PA, o mais perturbado dos oito ambientes, constatou-se que na estação chuvosa, 90 % dos indivíduos também eram de uma única espécie de Acari. O solo sob pastagem apresentava-se seco, compactado e com temperatura acima de 40 °C.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho têm a perspectiva de representar a disponibilidade dos recursos edáficos nos diversos sistemas de uso da terra na região do estado de Roraima, permitindo maiores esclarecimentos sobre as interações químicas, físicas e biológicas que são de fundamental importância no uso do solo e no processo de ocupação regional, com responsabilidade ambiental, social e econômica. O fato de todos os sistemas estudados estarem localizados em áreas com a mesma condição edafoclimática permitiu que as diferenças encontradas fossem atribuídas aos sistemas de uso e às suas formas de manejo. Assim, foi observada a dinâmica semelhante em sistemas que têm, em comum, a mesma funcionalidade ou finalidade, como os sistemas ligados à conservação, e outros ligados a atividades agropecuárias e florestais; e merecem algumas considerações adicionais.

Os sistemas voltados para a sustentabilidade dos ambientes naturais por meio da conservação, regeneração ou recomposição florística, tais como, FLO, CAP e SFP agregaram semelhanças pronunciadas em diversas variáveis ligadas ao teor de matéria orgânica e à taxa de mineralização, mantendo níveis satisfatórios de umidade, temperatura, cobertura do solo, entre outros fatores que incentivaram a maior diversidade de mesofauna que favorece o processo de ciclagem de nutrientes, que é a base da sustentabilidade desses sistemas naturais.

Entre os sistemas naturais estudados, o sistema CAP apresentou-se bastante evoluído e satisfatório, e até mesmo superior ao sistema de referência (FLO) em muitas variáveis, como o teor de matéria orgânica nas camadas superficiais, indicando que a prática de pousio é uma colaboração positiva para a resiliência funcional no sistema. O sistema SFP, opção de aproveitamento de áreas abandonadas pela exploração madeireira na região, iniciou-se com o enriquecimento da capoeira com *Acacia mangium*, espécie exótica de crescimento rápido e de boa cobertura do solo. Essa espécie introduzida ocupou todos os estratos do sistema, dominando-o, efetivamente. Este sistema teve grande afinidade com a ordem Hymenoptera (Formicidae), tratada como indicador de alteração ambiental. Assim, há a necessidade de se entender a dinâmica desse ambiente, a fim de que se possa fornecer uma visão ampla a respeito dos processos de introdução de uma espécie dominante nesse ambiente.

Nos sistemas voltados para a produção agrícola ou agroflorestal, os sistemas agroflorestais (SA1 e SA2) e a monocultura de pupunha (PUP) desempenharam papéis importantes na compreensão de sistemas instalados em ambientes de baixa fertilidade natural, e, ao mesmo tempo, necessitando reunir sustentabilidade econômica, ecológica e social; e sofrendo os efeitos da exportação de nutrientes comuns na agricultura comercial ou de subsistência. Os modelos agroflorestais estão no “status clímax”, ou seja, a duração da sucessão temporal foi suficiente para o seu completo estabelecimento (sistemas com 20 anos implantados); no entanto, apresentaram limitações com relação às semelhanças com os sistemas naturais, por mais que sejam arranjos multiestratificados e com variabilidade de espécies vegetais. O fato de o domínio do sistema ser feito por duas espécies perenes (castanheira-do-Brasil e cupuaçuzeiro) de decomposição lenta sugere que se proceda a um maior enriquecimento de espécies no arranjo agroflorestal, com contínua prática de adubação verde que amenize os custos dos sistemas agroflorestais na região.

Comparando-se os dois modelos agroflorestais, foi possível determinar que é indispensável o suprimento de nutrientes minerais para o suporte da carga produtiva. Assim, a viabilidade agrônômica do sistema agrícola (PUP) ou agroflorestal (SAF) requer a adição regular de adubação. O cultivo de pupunha foi o melhor modelo de uso da terra, do ponto de vista físico, químico e biológico. Embora com baixa diversidade biológica, atraiu elementos importantes da mesofauna, que contribuíram para o aproveitamento efetivo da mineralização da biomassa do sistema.

Os sistemas voltados para a produção pecuária (PA1 e PA2) que se diferenciaram na densidade de carga animal, pousio e adubação verde, não apresentam qualidade química do solo satisfatória para manter a carga animal.

Em relação à qualidade física do solo, os dois sistemas apresentaram diferenças significantes. O sistema PA1, com boa qualidade física e o sistema PA2, que apresentou danos causados pelo pisoteio animal sob a densidade e a porosidade total, tornando-o compactado. Essa compactação teve efeito direto sobre a cobertura do solo, o que, conseqüentemente, afetou sua umidade e temperatura, inibindo o desenvolvimento da mesofauna. Sob a ótica dos modelos pecuários analisados, sugerem-se adaptações no que se refere ao controle da carga animal e melhoria da pastagem com a introdução de gramínea nativa ou exóticas pouco exigentes em fertilidade; e/ou correção da acidez e adubações regulares para manter a característica do solo e a qualidade da forrageira.

Os resultados aqui apresentados podem subsidiar estudos de monitoramento da qualidade e de uso da terra na região de floresta do estado de Roraima. Pesquisas devem ser realizadas com o intuito de ampliar o monitoramento dos efeitos no ambiente da retirada da vegetação natural para a implantação de outros sistemas de uso da terra, fornecendo subsídios para sistemas de ocupação sustentáveis no estado do Roraima e, possivelmente, em outras áreas da Amazônia.

6 CONCLUSÕES

- A sazonalidade apresentou efeito sobre densidade, distribuição espacial e riqueza média da fauna, não alterando a diversidade total nos diferentes sistemas;
- A granulometria apresentou-se estável entre os sistemas de uso estudados, não sendo indicada para avaliar as alterações provocadas pelo uso da terra;
- Os sistemas de pastagens nos modelos estudados apresentaram limitações químicas, físicas e biológicas para suporte de carga animal regular;
- A comunidade da mesofauna mostrou-se sensível ao manejo da vegetação, com aumento progressivo da densidade de alguns grupos em relação aos estádios sucessionais;
- A mesofauna do solo pode ser qualificada para representar o equilíbrio ecológico dos sistemas naturais;
- A diversidade de Collembola foi elevada em sistemas considerados naturais, diminuindo nos sistemas manejados;
- Os sistemas agrícolas apresentaram dependência de adubações regulares para suporte das exportações regulares de nutrientes, via erosão, lixiviação e colheitas;
- O sistema de uso da terra Pupunheira/Palmito apresentou o melhor desempenho para o desenvolvimento da agricultura entre os sistemas analisados.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, E.A.; BELLINI, B.C.; BERBARDO, A.N.; FERNANDES, L.H.; MENDONÇA, M.C.; OLIVEIRA, E.P.; QUEIROZ, G.C.; SAUTTER, K.D.; SILVEIRA, T.C.; ZEPPELINI, D. Synthesis of brasilian Collembola: na update to the species list. **Zootaxa**, n. 2388, p.1-22. 2010.

ACIOLI, A.N.S; OLIVEIRA, E.P. Efeito de diferentes tipos de cobertura vegetal sobre a mesafauna do solo na Amazônia Central, Brasil. In: **Ciência, Natureza e Cultura na Região Amazônica**. Edua. Manaus, p.186-195. 2015.

AGUIAR JR., A.; BARBOSA, R.I.; BARBOSA, J.B.F.; MOURÃO JR., M. Invasion of Acacia mangium in Amazonian savannas following planting for forestry. **Plant Ecology & Diversity**, v.7, p.359-369. 2014.

ALCÁNTARA, V.; DON, A.; WELL, R.; NIEDER, R. Deep ploughing increases agricultural soil organic matter stocks. **Glob Change Biol**. doi:10.1111/gcb.13289. 2016.

ALFAIA, S.S.; UGUEN, K. Fertilidade e Manejo do Solo. In: MOREIRA, F.M.S. ... [et al.]. (Eds.). **O Ecossistema Solo - Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 352p.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, J.L.M.G.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift, Gebruder Borntraeger**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728. 2013.

AMARAL, I.L.; VIDAL, J.O.; MARTINS, L.H.P.; NODA, H.; MARTINS, A.L.U.; SILVA FILHO, D.F.; MACHADO, F.M.; MENDONÇA, M.S.P. Tipos de vegetação nos biomas brasileiros e seu inventário florístico. In: Moreira, F.M.S. ...[et al.]. (Eds.) **O Ecossistema Solo - Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal**. Lavras: Ed. UFLA, p.92-117. 2013.

ANDERSON, J.M.; IGRAN, J.S. Tropical biology and fertility, a handbook of methods. 2ª ed. **Wallinford: Commonwealth Agricultural Bureau**. p.88-92. 1993.

AQUINO, A.M.; CORREIA, M.E.F; BADEJO, M.A. **Amostragem da mesofauna edáfica utilizando funis de Berlese-Tüllgren modificado**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia (Circular técnica, 17). 2006.

ARATANI, R.G. **Qualidade física e química do solo sob diferentes manejos e condições edafoclimáticas no estado de São Paulo**. Tese (doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2008, 112p.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; OLIVEIRA, E.K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazonica**, Manaus, v.41, p.103-114. 2011.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARAÚJO, M.A.; TORMENTA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de uma Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.337-345. 2004.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1099-1108. 2007.

ARCO-VERDE, M.F. Crescimento e produtividade de culturas em sistemas agrofloretais no estado de Roraima. In: **Sistemas agrofloretais: conceitos e métodos** - 1ª. Ed. - Itabuna - BA: SBSAF, p.229-251. 2013.

ARCO-VERDE, M.F. **Sustentabilidade Biofísica e Socioeconômica de Sistemas Agrofloretais na Amazônia Brasileira**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. 188p.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America. Cap. 7, p.123-141. 1996.

BACHELLIER, G. **La faune des soils: Son écologie et son action**. Dumentation Technique, n.38, ORSTOM. 1978.

BAGNOULS, F., GAUSSEN, H. **Os climas biológicos e sua classificação**. Boletim Geográfico, ano XXII, n.176, 1963.

BALZARINI M.G., DI RIENZO J.A. **Software estadístico para el análisis de datos genéticos**. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. InfoGen versión 2012.

BARETTA, D.; MALUCHE-BARETTA, C.R.D.M.; CARDOSO, E.J.B.N. Análise multivariada de atributos microbiológicos e químicos do solo em florestas com Araucaria angustifolia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2683-2691. 2008.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; OLIVEIRA FILHO, L.C.I.; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. eds. Tópicos ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, p.119-170. 2011.

BARNI, P.E.; FEARNside, P.M.; GRAÇA, P.M.L.A. Desmatamento no Sul do Estado de Roraima: padrões de distribuição em função de Projetos de Assentamento do INCRA e da distância das principais rodovias (BR-174 e BR-210). **Acta Amazonica**. Manaus, v.42, n.2, p.195-204. 2012.

BARROS, E.; MATTHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, A. R. L.; LAVELLE, P. Comunidades da macrofauna do solo na Amazônia brasileira. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Ed. UFLA, p.171-191. 2008.

BARROS, H.S.; FEARNSIDE, P.M. Pedo-transfer functions for estimating soil bulk density in Central Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, p.397-407. 2015.

BARROS, K.R.M.; LIMA, H.V.; CANELLAS, L.P.; KERN, D.C. Fracionamento químico da matéria orgânica e caracterização física de Terra Preta de Índio. **Revista Ciências Agrárias**, v.55, p.44-51. 2012.

BELLINGER, P.F.; CHRISTIANSEN, K.A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola of the world**. 2015. Disponível em: < <http://www.collembola.org>>. Acesso em: 25 maio de 2015.

BERNARDO, J.T.; PAULA, B.V.; OLIVEIRA, R.J.P.; SILVA, M.T.; KUNDE, R.J.; MORSELLI, T.B.G.A.; LUZ, I.D. Levantamento da mesofauna edáfica (Acari e Collembola) na cultura da cenoura no município de Rio Grande, RS. Resumos do Congresso Brasileiro de Agroecologia - Porto Alegre. **Cadernos de Agroecologia**, v.8, n.2. 2013.

BOMFIM, B.O. **Atributos do solo e da serapilheira em área de floresta de terra firme sob manejo florestal explorada de 2003 a 2009 no Estado do Amazonas**. Dissertação (mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, DF. 2013. 106 p.

BONE, J.; BARRACLOUGH, D.; EGGLETON, P.; HEAD, M.; JONES, D.T.; VOULVOULIS, N. Prioritising soil quality assessment through the screening of sites: the use of publicly collected data. **Land Degradation Development**, n.25, p.251-266. 2014.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha NA. 20 Boa Vista e parte das folhas NA. 21 Tumucumaque, NB. 20 Roraima e NB. 21; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro (Levantamento de Recursos Naturais, 8). 1975. 428p.

BRIENZA JÚNIOR, S. Enriquecimento de florestas secundárias como tecnologia de produção sustentável para a agricultura familiar. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, v.7, n.3, p.331-337. 2012.

BROWN, G.G.; RÖMBKE, J.; HÖFER, H.; VERHAAGH, M.; SAUTTER, K.D.; SANTANA, D.L.Q. Biodiversity and function of soil animals. In: GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J.M.; MARCIANO, C.R.; CARNEIRO, J.G.A. (Eds.) **Brazilian agroforestry systems**. Sistemas Agroflorestais: Bases Científicas para o desenvolvimento sustentável. UENF, Campos dos Goytacazes, p.217-24. 2006.

BROWN, G.G., et al. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica** [recurso eletrônico] / Lucilia Maria Parron. ...[et al.], editores técnicos. p.122-154. Brasília, DF. 2015.

BRUSSAARD, J. Ecosystem Services Provided by the Soil Biota. **Soil Ecology and Ecosystem Services**. First edition, p.45-58. 2012.

CABRAL, A.L.A.; MORAES FILHO, L.O.; BORGES, L.A.C. Uso do fogo na agricultura: Legislação, impactos ambientais e realidade na Amazônia. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.9, n.5, p.159-172. 2013.

CAMPOS, M.C.C.; SANTOS, L.A.C.; SILVA, D.M.P.; MANTOVANELLI, B.C.; SOARES, M.D.R. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Agro@mbiente**, v.6, p.102-109. 2012.

CORDEIRO, I.M.C.C.; BARROS, P.L.C.; LAMEIRA, O.A.; GAZEL FILHO, A.B. Assessment of paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) plantations at different ages and cultivation systems in aurora do Pará (Pará state-brazil). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, p.679-687. 2015.

CARDOSO, A.; MARTINS, P.F.S.; VEIGA J.R.I. **Solos de áreas ocupadas por pequenos agricultores em algumas localidades da microrregião de Marabá-PA**. Pont à Pitre. Universidade des Antilas Guianas. p.101-123. 1992.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FREITAS, D.A.F. qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.613-622. 2011.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.147-157. 2009.

CARVALHO, M.A.; RUIZ, H.A.; COSTA, L.M.; PASSOS, R.R.; ARAUJO, C.A.S. Composição granulométrica, densidade e porosidade de agregados de Latossolo Vermelho sob duas coberturas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.18, n.10, p.1010-1016. 2014.

COSTA, A.M.; SOUZA, M.A.S.; SILVA JUNIOR, A.M.; FALQUETO, R.J.; BORGES, E.N. Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos do cerrado. In: **Simpósio Regional de Geografia**. 2. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. p.1-5. 2003.

COSTA, N.A.; MOURA CARVALHO, L.O.D.; TEIXEIRA, L.B.; SIMÃO NETO, M. **Pastagens Cultivadas na Amazônia**. Belém: Boletim Embrapa Amazônia Oriental. 2010. 151p.

CRAVO, M.S.; THOMAS, J.S.; BRASIL, E.C. Calagem em latossolo amarelo distrófico da amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n.3, p.895-907. 2012.

CREPALDI, R. A., PORTILHO, I. I. R.; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F.M. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p.781-787. 2014.

CLUZEAU D. et al. Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types. **European Journal of Soil Biology**, v.49, p.63-72. 2012.

CRUZ, D.L.S.; VALE JÚNIOR, J.F.; CRUZ, P.L.S.; CRUZ, A.B.S.; NASCIMENTO, P.P.R.R. Atributos físico-hídricos de um Argissolo amarelo sob floresta e savana naturais convertidas

para pastagem em Roraima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, p.307-314. 2014.

CUNHA NETO, F.V.; LELES, P.S.S.; PEREIRA, M.G.; BELLUMATH, V.G.H., ALONSO, J.M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.3, p.379-387. 2013.

CUTZ-POOL, L.Q.; PALACIOS-VARGAS, J.G.; CASTAÑO-MENESES, G.; GARCÍA-CALDERÓN, N.E. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, México. **Applied Soil Ecology**, v.36, p. 46-52. 2007.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. ; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society American, p.3-21. (Special Publication, 35). 1994.

DUBOIS, J.C.L. Sistemas Agroflorestais na Amazônia: avaliação dos principais avanços e dificuldades em trajetória de duas décadas. In: PORTO, R. (Editor) **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação** - Brasília, Embrapa Informações Tecnológica, p.171-217. 2009.

ELLIOTT, E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.50, n.4, p.627-633. 1986.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos** / organizadores, Guilherme Kangussú Donagema... [et al.]. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo**. Humberto Gonçalves dos Santos [et al.] - 3. Ed. Rev. amp. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

FALCÃO, N.P.S.; MOREIRA, A.; COMERFORD, N.B.A. Fertilidade dos solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N., WOODS, W. (Eds.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. 1. Ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, p.189-200. 2010.

FALESI, Í.C.; BAENA, A.R.C.; DUTRA, S. **Consequências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do nordeste Paraense**. Belém, EMBRAPA/CPATU. 1996. 49p.

FEARNSIDE, P.M.; LAURANCE, W.F; MARK A. COCHRANE, M.A.; SCOTT BERGEN, S.; SAMPAIO, P.D.; BARBER, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T.O futuro da Amazônia: modelos para prever as consequências da infraestrutura futura nos planos plurianuais. **Novos Cadernos NAEA**. v.15, p.25-52, 2012.

FEARNSIDE, P.M.; BARBOSA, R.I.; PEREIRA, V.B. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.7, n.1, p.95-111. 2013.

FELLER, C.; BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, v.79, p.69-116. 1997.

FERNANDES, C. **Tópico em física do solo**. Jaboticabal: Funep, v.3. 2014. 120p.

FERNANDES, E.C.M. Agroforesteria para paisajes productivos y sostenibles frente al cambio global. In: PORRO, R. (Org.) **Alternativa agroflorestal em transformação**. Brasília: Embrapa. p.123-160, 2009.

FERREIRA, E.V.O.; MARTINS, V.; JUNIOR, A.V.I.; GIASSON, E.; NASCIMENTO, P.C. Ação dos térmitas no solo. **Ciência Rural**, v.41, p.804-811. Santa Maria. 2011.

FERREIRA, J.H.O.; KATO, O.R.; FREITAS, A.; GREVINELL, J.G.; PISSATTO, M. Sistemas agroflorestais na agricultura familiar como alternativa para diversificação da produção e redução de queimadas no Nordeste Paraense. In: **Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**, 7. 2009.

FERREIRA, M.D.P.; COELHO, A.B. Desmatamento Recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.53. n.1, p. 93-108. 2015.

FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q.J. van (Ed.). **Física do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, p.1-27. 2010.

FIERA, C. Biodiversity of Collembola in urban soils and their use as bioindicators for pollution. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.868-873. 2009.

FRANKLIN, E.N.; HAYEK, T.; FAGUNDES, E.P.; SILVA, L.L. Contribuição dos ácaros oribatídeos (Acari: Oribatida) para a dinâmica de decomposição de folhas de serrapilheira em floresta primária, floresta secundária e policultivo na Amazônia Central. **Brazilian Journal of Biology**, v.64, p.59-72. 2004.

FREITAS, I.C.; SANTOS, F.C.V.; OLIVEIRA, C.F.R.; CORRECHEL, V. Carbono no solo, acúmulo e qualidade da serapilheira em sistemas de produção familiar. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.46, p.31-38. 2016.

FREITAS, R.E; MENDONÇA, M.A.A.; LOPES, G.O. Expansão de área agrícola no período 1994–2010. **Revista de Política Agrícola**. Brasília, Ano XXII, n.2, p.1-18. 2013.

GISIN, H. Recherches sur la relation entre la faune endogée de Collemboles et les qualités agrológicas de sols viticoles. **Revue Suisse de Zoologie**, v.62, p.601-647. 1955.

GROPPO, J. D. et al. Changes in soil carbon, nitrogen, and phosphorus due to land-use changes in Brazil. **Biogeosciences**, v.12, p.4765-4780. 2015.

GUBIANI, P.I., REINERT, D.J.; REICHERT; J.M. Valores críticos de densidade do solo avaliados por condições de contorno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, p.994-1000. 2014.

GUEDES, E.M.S.; FERNANDES, A.R.; LIMA, H.V.L.; SERRA, A.P.; COSTA, J.R.; GUEDES, R.S. Impacts of different management systems on the physical quality of an Amazonian Oxisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1269-1277. 2012.

HAIR J. R.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre. 2005. 211p.

HIGUCHI, N. SANTOS, J.; LIMA, A.J.N.; HIGUCHI, F.G; SILVA, R.P.; SOUZA, C.A.S.; PINTO, F.R. Perspectivas do manejo florestal sustentável para a Amazônia Brasileira. *Hiléia - Revista do Direito Ambiental da Amazônia*, Manaus, n.8, p.78-93. 2010.

HOFFMANN, M.R.M. **Sistemas agroflorestais para agricultura familiar: análise econômica**. Mestrado (Dissertação de Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013. 127p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases e referências: Mapas municipais**. Rio de Janeiro, 2015. Obtido pelo site [ftp:// geofp.ibge.gov.br/mapas_estatisticos/censo_2010/mapa_municipal_estatistico/rr/canta_v2.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_estatisticos/censo_2010/mapa_municipal_estatistico/rr/canta_v2.pdf)46p. Acesso em: 15/04/2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Uso da Terra e a Gestão do Território no Estado de Roraima**. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 2009. 46p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª. ed. Rio de Janeiro, 2012. 271p.

IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal** (junho de 2015) SAD. Belém - PA. 2015.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, p.118-127, 2008.

KARYANTO, A.; RABMADI, C.; FRANKLIN, E.; SUSILO, F-X.; MORAIS, J.W. Soil Collembola, Acari and other mesofauna - the Berlese method. In: Moreira F M S, Husing E J, Bignell D E (Eds), *A handbook of tropical soil biology: sampling & characterization of below-ground biodiversity*. **Earthsean publishing for a sustainable future**. London-Sterling, p.85-95. 2008.

KRISHNAMURTHY, L.; ÁVILA, M. **Agroforestería Básica**. Série Textos Básicos para La Formación Ambiental. n.3. PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). México, D.F. 1999. 340p.

LAL, R. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. **Soil Science**, v.165, n.3, p.191-207, 2000.

LEPSCH, I.F.; ESPINDOLA, C.R.; VISCHI FILHO, O.J.; HERNANI, L.C.; SIQUEIRA, D.S. **Manual para Levantamento Utilitário e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa. 2015. 170p.

LIMA, S.S.; AQUINO, A.M.; LEITE, L.F.C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.322-331. 2010a.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; AQUINO, A.M.; OLIVEIRA, F.C.; CASTRO, A.A.J.F. Serrapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Vicosa, v.34, n.1, p.75-84, 2010b.

LOUSADA, J.; ZANETTI, R. Indicadores de impactos ambientais. In: MOREIRA, F.M.S.... [et al.]. Ed. **O Ecossistema Solo – Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal**, Lavras: Ed. UFLA, 2013. 352p.

LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.59, n.3. 2007.

MACEDO, J.L.V.; WANDELLI, E.V.; SILVA JUNIOR, J.P. Sistemas Agroflorestais: Manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural. In: **Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**, 3. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, p.13-16. 2001.

MACEDO, R.L.G., VALE, A.B. do, VENTURINI, N. **Eucalipto em sistema agroflorestal**. Lavras: Ed. UFLA, 2010. 331p.

MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; VALE, R.S.; SILVA, M.L.N.; VALE, F.A.F. Sustentabilidade da agricultura familiar com utilização de sistemas agroflorestais – In: CRESPO, I. (Org.) **Sistemas agroflorestais: conceitos e métodos**. 1ª. ed. - Itabuna: SBSAF. 2013. 308p.

MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona: [s.n.], 1989.951 p.

MARKLEIN, A.R. et al. Mineralization ratios of nitrogen and phosphorus from decomposing litter in temperate versus tropical forests. **Global Ecology and Biogeography**, v.25, p.335-346. 2016.

MARQUES, D.M.; SILVA, B.; SILVA, L.M.; MOREIRA, E.A.; PINTO, G.S. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Biosciência Journal**, Uberlandia, v.30, n.5, p.1588-1597. 2014.

MATOS, F.O.; CASTRO, R.M.S.; RUIVO, M.L.P.; MOURA, Q.L. Teores de nutrientes do solo sob sistemas agroflorestais manejado com e sem queima no estado do Pará. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.19, p.257-266. 2012.

MATOSO, S.C.G.; SILVA, A.N.; FIORELLI-PEREIRA, E.C.; COLLETA, Q.P.; MAIA, E. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v.42, n.2. p.231-240. 2012.

MELO, V.F.; GIANLUPPI, D.; UCHÔA, S.C.P. **Características edafológicas dos solos do Estado de Roraima**. Boa Vista, DSI/UFRR, 2004. 43p.

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.; FONTES, L.E.F.; CHAGAS, A.C.; LEMOS JÚNIOR, J.B.; ANDRADE, R.P. Caracterização Física, Química e Mineralógica de solos da Colônia

Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.1039-1050. 2006.

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

MOLINE, E.F.V; COUTINHO, E.L.M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Revista Ciências Agrárias**, Lisboa, v.58, n.1, p.14-20. 2015.

MORAIS, J.W; OLIVEIRA, F.G.L.; BRAGA, R.F.; KORASAKI, V. Mesofauna. Ecosistema solo: componentes, relações ecológicas e efeito na produção vegetal. In: MOREIRA, F.M.S. ... [et al.]. (Eds.). **O Ecosistema Solo - Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 352p

MORAIS, J.W.; OLIVEIRA, V.S.; DAMBROS, C.S.; TAPIA-CORAL, S.C.; ACIOLI, A.N.S. Mesofauna do Solo em Diferentes Sistemas de Uso da Terra no Alto Rio Solimões, AM. **Neotropical Entomology**, v.39, n.2, p.145-152. 2010.

MOREIRA, A.; CASTRO, C.; ALFAIA, S.S.; MALAVOLTA, E. Fertilidade dos solos da amazônia. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 30. Recife: UFRPE/Embrapa/SBCS, v.1, p.1-29. 2005.

MOURÃO JUNIOR, M.; XAUD, M.R.; XAUD, H.A.M.; MOURA NETO, M.A. de; ARCOVERDE, M.F.; PEREIRA, P.R.V.S.; TONINI, H. **Precipitação pluviométrica em áreas de transição savana-mata de Roraima: campos experimentais Serra da Prata e Confiança**. Embrapa Roraima. Boa Vista, Roraima (Comunicado Técnico, 17). 2003.

MULLER, M.M.L., CECCON G.; ROSOLEM C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.531-538. 2001.

NAIR, P.K.R. Agroforestry systems inventory. **Agroforestry Systems**, v.5, p.301-317, 1987.

NAIR, P.K.R. **An Introduction to Agroforestry**. Dordrecht: Kluwer, ICRAF. 1993. 212p.

NASCIMENTO, C.P.; SILVA, M.; FERREIRA, M.B.P. A pecuária como atividade primaz na amazônia: uma discussão acerca dos seus aspectos ambientais, das populações humanas envolvidas e do papel das instituições na dinâmica desta atividade. **Revista de Estudos Sociais**, v.17, n.33, p.208-220. 2015.

NEMEC, K.T.; ALLEN, C.R.; DANIELSON, S.D. Responses of predatory invertebrates to seeding density and plant species richness in experimental tallgrass prairie restorations. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.183, p.11-20. 2014.

NIELSEN, N.; WALL, D.H.; SIX, J. Soil Biodiversity and the Environment. **Annual Review of Environment and Resources**, v.40, p.63-90. 2015.

NUNES, E.N. et al. Análise da taxa de decomposição da serrapilheira na Reserva Ecológica Mata do Pau - Ferro. **Gaia Scientia**, Areia, v.6, p.1-6. 2012.

ODUM, E.P. **Ecologia** (Basic ecology 1983). Christopher J. Tribe (Trad.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p.

OLIVER, D.P.; BRAMLEY, R.G.V.; RICHES, D.; PORTER I.; EDWARDS J. Review: soil physical and chemical properties as indicators of soil quality in Australian viticulture. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.19, p.129-139, 2013.

OLIVEIRA FILHO, L.C.I.; BARETTA, D.; VIAPIANAL, C.M.; SANTOS, J.C.P. Mesofauna de solo construído em área de mineração de carvão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.14, n.1, p.55-64. 2015.

OLIVEIRA, E.P. Collembola. In: FONSECA, C.R.V.; MAGALHÃES, C.; RAFAEL, J.A.; FRANKLIN, E **A fauna de arthópodes da Reserva Florestal Duck. Estado atual do conhecimento taxionômico e biológico**. Manaus, p.63-69. 2009.

OLIVEIRA, E.P.; CASTILHO, A.F.; SERRANO. M.B. Em busca de grupos da mesofauna do solo como bioindicadores de áreas reflorestadas com árvores nativas da mineração rio do Norte, Pará. **Simpósio Nacional e Congresso Latino Americano sobre Recuperação de Áreas Degradadas**, 6. Curitiba, p.452-453. 2005.

OLIVEIRA, E.P.; DEHARVENG, L. Response of soil Collembola (Insecta) communities to forest disturbance in Central Amazonia Brazil. In: BELLAN, D.; BONIN, G.; EMIG, C. (Org.). **Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems**, France, p.361-376. 1995.

OLIVEIRA, E.P. Influência de diferentes sistemas de cultivos na densidade populacional de invertebrados terrestres em solo de várzea da Amazonia Central. **Amazoniana**, Kiel, v.12, n. 3/4, p.495-508. 1993.

OLIVEIRA, E.P. Efeito de diferentes tipos de cobertura vegetal sobre a mesofauna do solo na Amazônia Central, Brasil. In: Marcelo de Almeida Guimarães; Ana Carolina Souza Sampaio-Nakauth; Agno Nonato Serrão Acioli. (Org.). **Ciência, Natureza e Cultura na Região Amazônica**. 1 Ed. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, v. 1, p. 186-195. 2015.

OLIVEIRA, F.G.L. **Influência de fatores abióticos sobre a distribuição de colêmbolos (Collembola : Entomobryomorpha) edáficos e redução do esforço amostral em floresta ombrófila densa de terra-firme na Amazônia Central, Brasil**. Mestrado (Dissertação de mestrado em Entomologia) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA. Manaus. 2013b. 53p.

OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M.C.C.; FREITAS, L.; SOARES, M.D.R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Acta Amazonica**, Manaus, v.45. p.1-12. 2015.

OLIVEIRA, T.K. Sistemas Integrados na Amazônia Brasileira: Experiências Demonstrativas e Resultados de Pesquisa. In: **Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável: 10 anos de Pesquisa**. Campo Grande. 2013. 29p.

OTS-CATIE - Organizacion Estudios Tropicales. **Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Sistemas Agroflorestales: Principios e aplicaciones en los trópicos**. San José. Costa Rica: CATIE, 1986. 215p.

PÁDUA, E.J.; GUERRA, A.R.; ZINN, Y.L. Modelagem da densidade do solo em profundidade sob vegetação nativa em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.39, p.725-736. 2015.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classific. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, p.1633-1644, 2007.

PEZARICO, C.R.; VITORINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, v.56, p.40-47. 2013.

PRADO, H. **Atalho Pedológico para Classificar Solos no Campo**. ESALQ/USP. Piracicaba. 2013. 62p.

PRAGANA, R.B.; RIBEIRO, M.R.; NÓBREGA, J.C.A.; RIBEIRO FILHO, M.R.; COSTA, J.A. Qualidade física de latossolos amarelos sob plantio direto na região do cerrado piauiens. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1591-1600. 2012.

QUESADA, C.A. et al. Basin-wide variations in Amazon forest structure and function are mediated by both soils and climate. **Biogeosciences**, v.9, p.2203-2246, 2012.

QUESADA, C.A. et al. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences**, v.7, p.1515-1541, 2010.

RAYOL, B.P.; ALVINO, F.O.; SILVA, M.F.F. Estrutura e composição florística da regeneração natural de duas florestas secundárias em Capitão Poço, Pará, Brasil. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.4, p.103- 116. 2008.

RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, G.T.A; RODRIGUES, K.M.; OLIVEIRA, W.R.D; CORREIA, M.E.F. Artropodes do solo durante o processo de decomposição da matéria orgânica. **Agronomía Colombiana**, v. 31, p.89-94, 2013.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, n.1-2, p.131-146. 2002.

ROSALEM, C.A.; SANTOS, F.P.; FOLONI, J.S.S.; CALONEJO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha do milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1033-1040, 2006.

SALIMON, C.I.; WADT, P.G.S.; ALVES, S.S. Decrease in carbon stocks in an oxisol due to land use and cover change in southwestern Amazon. **Revista Ambiente e Água**. Taubaté, v.4, p.57-65. 2009.

SALOMÃO, R.P.; SANTANA, A.C.; JÚNIOR, S.B. Seleção de espécies da floresta ombrófila densa e indicação da densidade de plantio na restauração florestal de áreas degradadas na Amazônia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.1, p.139-151, 2013.

SANTANA, J.; ALMEIDA, W.C.; SOUSA, L.K.V.S. Florística e fitossociologia em área de vegetação secundária na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.41, p.105-120, 2004.

SANTOS, A. M. G.; ALFAIA, S. S.; AYRES, M. I. C. Efeito do aproveitamento de resíduos vegetais de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e pupunha (*Bactris gasipaes*) como fonte de potássio em um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**, 9, Ilhéus - BA. 2013.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de Descrição de Solo no Campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 2015. 101p.

SAWAHATA, T.; NARIMATSU, M. The abundance of Collembola collected from ectomycorrhizal hyphal of *Tricholoma matsutake*. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.301-304. 2006.

SCORIZA, R.N.; PEREIRA, M.G.; PEREIRA, G.H.A.; MACHADO, D.L.; SILVA, E.M.R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente** (Série Técnica), Seropédica. v.2, p.01-18. 2012.

SEPLAN - Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento de Roraima. **Informações Socioeconômicas do Município de Cantá** - RR 2014/ [Elaboração: Divisão de Estudos e Pesquisas] 4ª ed. Boa Vista. 2014.76p.

SEYBOLD, C.A., MAUSBACH, M.J.; KARLEN, D.L.; ROGERS, H.H. Quantification of soil quality. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLET, R.F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil processes and the carbon cycle**. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, p.387-404, 1997.

SIDDIKY, R.K.; KOHLER, J.; COSME, M.; RILLIG, M.C. Soil biota effects on soil structure: Interactions between arbuscular mycorrhizal fungal mycelium and collembola. **Soil Biology and Biochemistry**, v.50, p.33-39. 2012.

SILVA, A.B.; LIRA JUNIOR, M.A; DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; FIGUEIREDO, M.V.B.; VICENTIN, R.P. Estoque de serrapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p.502-511. 2013.

SILVA, A.C.F.; NÓBREGA, C.C.; ARAÚJO, L.H.B.; PINTO, M.G.C.; SANTANA, J.A.S. Macrofauna edáfica em três diferentes usos do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18, p.2131-2137. 2014.

SILVA, A.K.T.; GUIMARÃES, J.T.F.; LEMOS, V.P.; COSTA, M.L.; KERN, D.C. Mineralogia e geoquímica de perfis de solo com Terra Preta Arqueológica de Bom Jesus do Tocantins, sudeste da Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v.42, p.477-49. 2012.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: **World Congress on Computers in Agriculture**, 7. 2009, Reno. Proceedings of the 7 th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, v. CD-Rom. p.1-5. 2009.

SILVA, L.L.G.G.; RESENDE, A.S.; DIAS, P.F.; CORREIA, M.E.F.; SCORIZA, R.N. Soil macrofauna in wooded pasture with legume trees. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.7, p.1191-1197. 2015.

SILVA, M.O.; FREIRE, M.B.G.S.; MENDES, A.M.S.; FREIRE, F.J.; CAMPOS, M.C.C.; AMORIM, L.B. Discriminação de diferentes classes de solos irrigados com águas salinas, na região de Mossoró, RN, com o uso de análise multivariada. **Ambiência**, Guarapuava, v.2, p.261-270. 2010.

SILVA, M.S.C. **Indicadores de qualidade do solo em sistema agroflorestais em Paraty**, Mestrado (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. 2006. 54p.

SILVEIRA, D.C.; MELO FILHO, J.F.; SACRAMENTO, J.A.A.S.; SILVEIRA, E.C.P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.34, p.659-667, 2010.

SIMPSON, J.E.; SLADE, E.; RIUTTA, T.; TAYLOR, M.E. Factors affecting soil fauna feeding activity in a fragmented lowland temperate deciduous woodland. **PLoS ONE**, n.7. 2012.

SNIF - Sistema Nacional de Informação Florestal. **As Florestas Plantadas**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>>. Acesso em: 20 março 2016.

SOUZA, M.N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. Mestrado (Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004. 371p.

SOUZA, T.M.; ALVES, M.C.; DURIGAN, M.R.; MARCHINI, D.C.; BONINI, C.S.B. **Índices de Shannon e Pielou na caracterização de macrorganismos de um latossolo em recuperação há 17 anos**. UNESP. 2011. 56p.

SOARES, M.P.; NUNES, Y.R.F. Regeneração natural de cerrado sob plantio de Eucalyptus camaldulensis Dehn. no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, p. 205-214. 2013.

SOUZA, L.C.; SOUZA, L.C., SILVA, R.L., LIMA, L.G.S., LIMA, H.V. Caracterização química em horizonte antrópico no Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.9, p.340-344. 2014.

TAPIA-CORAL, S.C.; LUIZÃO, F.; PASHANASI, B.; CASTILLO, D.; LAVELLE, P. Influência da massa e nutrientes da liteira sobre a composição dos macro-invertebrados em plantios florestais na amazônia peruana. **Folia Amazônica**, v.23, n.2, p.171-186. 2014.

TARRÁ, I.L.C.; LUIZÃO, F.J.; WANDELLI, E.V.; TEIXEIRA, W.G.; MORAIS, W.J.; FERNANDES, E.C.M.; BROCHEL, K.V; PÉREZ, N.V. Grupos funcionais da macrofauna e macroporos do solo em sistemas agroflorestais da Amazônia Central. **Prospect**, v.10, p.6-17. 2012.

TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. Aspectos econômicos da recuperação de pastagem na Amazônia Brasileira. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.5, p.27-49. 2010.

TRILLERAS, J.M.; J.M.; JARAMILLO, V.J.; VEJA, E.V.; BALVANERA, P. Effects of livestock management on the supply of ecosystem services in pastures in a tropical dry region of western Mexico. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.211, p.133-144. 2015.

TURNBULL, M.S.; LINDO, Z. Combined effects of abiotic factors on Collembola communities reveal precipitation may act as a disturbance. **Soil Biology and Biochemistry**. v.82, p.36-43. 2015.

USDA - U.S. Department of Agriculture. Soil Survey Division Staff. **Soil Survey Manual**. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. Washington, 1993. 437p.

VALE JÚNIOR, J.F.; SCHAEFER, C.E.G.R. **Solos sob Savanas de Roraima: Gênese, classificação e relação e relações ambientais**. Boa Vista. 2010. 219p.

VEZZANI F.M. MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.743-755. 2009.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38. 1934.

WISSUWA J.; SALAMON J.; FRANK T. Oribatida (Acari) in grassy arable fallows are more affected by soil properties than habitat age and plant species. **European Journal of Soil Biology**, v.59, p.8-14. 2013.

XAUD, H.A.M.; XAUD, M.R.; MOURÃO JUNIOR M.; ARCO-VERDE, M.F.; CARVALHO, J.O.P. **Potencial madeireiro de floresta natural do Campo Experimental Confiança (Embrapa Roraima) município do Cantá, Roraima**. Embrapa Roraima (Documentos, 8). Boa Vista. 2003. 18p.

ANEXO

ANEXO 1-Análise textural do solo, argila, silte e areia em g kg^{-1} , nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm) ²					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60
----- Teor de argila (g kg^{-1}) ² -----						
FLO	223,5aA	250,2aA	293,5aA	266,5aA	290,0aA	278,1aA
CAP	266,1aB	174,5aB	277,2aB	272,7aB	362,7aA	418,7aA
CAM	243,4aA	279,5aA	313,5aA	334,5aA	384,8aA	432,7aA
SAF1	230,5aB	275,5aB	250,6aB	322,8aA	166,9aB	406,1aA
SAF2	170,0aB	217,5aB	219,2aB	264,5aB	217,5aB	397,4aA
PUP	252,0aA	256,2aA	237,5aA	141,7aA	309,0aA	336,6aA
PMA	232,0aA	233,5aA	329,5aA	293,4aA	257,9aA	269,3aA
PAL	248,0aA	232,8aA	290,8aA	324,9aA	298,0aA	334,8aA
CV1 ⁽³⁾	26,87	CV2 ⁽³⁾	20,66			
----- Teor de silte (g kg^{-1}) ² -----						
FLO	273,2aA	316,4aA	292,4aA	211,9bA	133,8aA	157,9aA
CAP	106,1bA	207,8aA	164,4bA	198,8bA	148,2aA	163,8aA
CAM	106,0bA	127,6bA	141,2bA	170,5bA	151,2aA	162,0aA
SAF1	229,5aA	256,2aA	308,6aA	361,5aA	352,0aA	165,2aA
SAF2	341,0aA	341,8aA	306,8aA	313,1aA	274,4aA	179,4aA
PUP	80,7bA	106,2bA	185,4bA	321,9aA	184,7aA	202,8aA
PMA	86,4bA	97,4bA	77,1bA	108,0bA	199,2aA	253,0aA
PAL	125,1bA	1146bA	109,2bA	128,8bA	202,1aA	219,0aA
CV1 ⁽³⁾	43,26	CV2 ⁽³⁾	26,41			
----- Teor de areia (g kg^{-1}) ² -----						
FLO	503,4bA	433,5bB	414,2bB	521,6aA	576,3aA	564,1aA
CAP	627,9aA	617,7aA	558,4aA	528,5aB	489,0aB	442,5aB
CAM	650,7aA	592,4aA	545,3aA	495,0aB	464,0aB	407,2aB
SAF1	540,1bA	468,3bA	440,8bA	315,7bB	481,1aA	428,7aA
SAF2	489,1bA	440,8bA	474,1bA	422,4bA	508,1aA	423,3aA
PUP	667,4aA	637,7aA	577,1aA	536,5aB	506,4aB	460,7aB
PMA	681,6aA	669,1aA	593,4aA	598,7aA	542,9aB	477,8aB
PAL	627,8aA	652,7aA	600,0aA	545,3aB	499,9aB	446,2aB
CV1 ³	21,59	CV2 ⁴	12,80			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

ANEXO 2-Teores de potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) trocáveis, nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta, no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidades de coleta (cm)					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60
	----- K ⁺ (cmol _c dm ⁻³) ² -----					
FLO	0,05aA ²	0,02aB	0,01aB	0,01aB	0,02aB	0,02aB
CAP	0,01bA	0,01aA	0,01aA	0,02aA	0,01aA	0,02aA
CAM	0,02bA	0,01aA	0,01aA	0,01aA	0,02aA	0,02aA
SAF1	0,02bA	0,01aA	0,00aA	0,01aA	0,02aA	0,01aA
SAF2	0,02bA	0,01aA	0,01aA	0,01aA	0,01aA	0,01aA
PUP	0,03bB	0,01aB	0,01aB	0,01aB	0,01aA	0,01aA
PMA	0,04aA	0,01aB	0,01aB	0,01aB	0,02aB	0,02aB
PAL	0,03bA	0,01aB	0,01aB	0,01aB	0,01aB	0,02B
⁽³⁾ CV1	6,41	CV2	3,31			
	----- Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ² -----					
FLO	0,04eA	0,01dA	0,01cA	0,01cA	0,00bA	0,00aA
CAP	0,04eA	0,02dA	0,01cA	0,01cA	0,00bA	0,00aA
CAM	0,10eA	0,01dA	0,01cA	0,02cA	0,00bA	0,00aA
SAF1	0,53cA	0,66bA	0,04cB	0,02cB	0,01bB	0,00aB
SAF2	1,61aA	1,09aB	0,93aB	1,12aB	0,31aC	0,16aC
PUP	1,22bA	0,76bB	0,51bC	0,42bC	0,13bD	0,07aD
PMA	0,35dA	0,39cA	0,38bA	0,29bA	0,23aA	0,16aA
PAL	0,26dB	0,17dB	0,11cB	0,05cB	0,05bB	0,04aB
⁽⁵⁾ CV1	10,63	CV2	8,05			
	----- Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ² -----					
FLO	0,07cA	0,05cA	0,03bA	0,03bA	0,02aA	0,01aA
CAP	0,08cA	0,05cA	0,04bA	0,04bA	0,02aA	0,01aA
CAM	0,15cA	0,06cA	0,05bA	0,04bA	0,02aA	0,02aA
SAF1	0,13cA	0,13cA	0,10bA	0,08bA	0,02aA	0,02aA
SAF2	1,57aA	0,96aB	0,56aC	0,34aD	0,10aE	0,06aE
PUP	1,32bA	0,25bB	0,15bB	0,20aB	0,09aB	0,05aB
PMA	0,21cA	0,21bA	0,22bA	0,21aA	0,02aB	0,03aB
PAL	0,10cA	0,11cA	0,10bA	0,10bA	0,04aA	0,02aA
CV1 ³	5,51	CV2 ⁴	5,63			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

ANEXO 3-Valores de saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m), nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60
	----- V (%) ² -----					
FLO	2,74cA2	1,76dA	1,17cA	1,21cA	2,29bA	1,71bA
CAP	2,42cA	1,69dA	2,09cA	2,75cA	2,28bA	1,11bA
CAM	5,08cA	2,33dA	2,17cA	2,51cA	1,73bA	1,77bA
SAF1	18,28bA	23,52bA	5,99cB	4,80cB	2,14bB	1,34bB
SAF2	51,34aA	42,42aB	40,60aB	42,65aB	16,34aC	11,70aC
PUP	45,65aA	26,21bB	21,66bB	22,60bB	10,63aC	7,97aC
PMA	14,10bB	17,41bA	23,06bA	22,18bA	11,82aB	10,03aB
PAL	11,10bB	10,59cB	8,94cB	23,17bA	4,86bB	4,07bB
(3)CV1	25,03	CV2	18,79			
	----- m (%) ² -----					
FLO	88,81aA2	92,90aA	95,09aA	94,91aA	89,73aA	89,16aA
CAP	88,87aA	92,68aA	89,98aA	87,15aA	90,53aA	95,59aA
CAM	77,82aA	90,71aA	92,10aA	91,77aA	93,71aA	93,17aA
SAF1	38,15bC	35,30cC	78,93bB	83,95aB	93,99aA	95,75aA
SAF2	4,81cB	13,28dB	18,17dB	16,44cB	62,75bA	76,48bA
PUP	6,69cC	28,07cB	39,88cB	41,79bB	64,78bA	77,12bA
PMA	41,42bB	42,15cB	37,99cA	35,76bB	58,21bA	62,24bA
PAL	50,69bB	62,99bB	69,86bA	47,12bB	81,82aA	87,21aA
CV1 3	24,72	CV24	13,22			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

ANEXO 4-Teores de carbono orgânicos (C) e acidez potencial (H+Al) nos diversos sistemas de uso da terra e profundidades de coleta no Campo Experimental Confiança, Cantá /RR.

Uso da terra ¹	Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60
	----- C (g kg-1) ² -----					
FLO	18,85aA	12,50bB	10,25aB	8,54aC	7,74aC	3,97aD
CAP	20,22aA	15,25aBA	9,43aC	8,15aC	9,14aC	6,14aD
CAM	17,11bA	11,56cB	7,45bC	6,53bC	6,78aC	4,41aD
SAF1	10,79dA	8,49cA	5,55bB	4,54bC	5,29aB	3,89aB
SAF2	13,66cD	10,01cB	7,68bC	6,37bC	6,42aC	4,93aC
PUP	15,33cA	10,79cB	6,68bC	5,63bC	6,77aC	4,97aC
PMA	16,24bA	10,97cB	6,34bC	5,24bC	6,14aC	4,57aC
PAL	14,25cA	9,36cB	7,25bC	7,79bC	6,10aC	3,93aC
CV1 ³	13,57	CV2 ⁴	14,47			
	----- H+Al (cmol _c dm ⁻³) ² -----					
FLO	5,53aA ²	4,74aB	3,73aC	3,13aC	2,55aD	1,59aE
CAP	5,64aA	4,47aB	3,05aC	2,75aC	3,05aC	2,47aC
CAM	5,07aA	3,69bB	2,75bC	2,39bC	2,55aC	2,18aC
SAF1	3,09bA	2,66cA	2,35bB	2,12bB	1,88bB	1,77aB
SAF2	2,99bA	2,84cA	2,27bB	2,09bB	2,10bB	1,64aB
PUP	3,05bA	2,69cA	2,39bB	2,15bB	2,21bB	1,97aB
PMA	3,65bA	2,84cB	2,00bC	1,74bC	2,03bC	1,74aC
PAL	3,04bA	2,42cB	2,29bB	2,03bB	2,26bB	1,93aB
CV1 ³	31,97	CV2 ⁴	12,82			

¹Floresta primária (FLO); Capoeira (CAP); Sistema floresta plantada com *Acacia mangium* (SFP); Sistema agroflorestal com baixo insumo (SA1); Sistema agroflorestal com alto insumo (SA2); Cultivo de pupunheira/palmito (PUP); Pastagem manejada (PA1); Pastagem alterada (PA2).

²Os valores correspondem à média de quatro amostras de solo. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas para tratamentos nas linhas e minúsculas na coluna para profundidade não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

³CV1 = Coeficiente de variação entre os usos da terra;

⁴CV2 = Coeficiente de variação entre as profundidades.

ANEXO 5-Distribuição dos níveis tróficos da fauna coletada nas duas estações climáticas no Campo Experimental Confiança, Cantá/RR.

Classe/Ordem	Nível trófico da mesofauna ¹						
	Detritívoro	Predador	Onívoro	Fitófago	Fungívoro	Hematófago	Xilófago
HEXAPODA							
Collembola	+				+		
Protura	+				+		
Diplura	+	+					
INSECTA							
Coleoptera	+	+	+		+		+
Diptera	+		+				
Homoptera				+			
Hemiptera		+		+		+	
Thysanoptera				+			
Isoptera	+				+		+
Hymenoptera	+	+	+		+		
Psocoptera							
Orthoptera		+		+			
Trichoptera							
Blattodea	+		+				
ARACHNIDA							
Acari	+	+			+	+	
Araneida		+					
Pseudoscorpionida		+					
Palpigrade		+					
CRUSTACEAE							
Isopoda	+				+		
CHILOPODA							
		+					
DIPLOPODA							
	+						
SYMPHYLA							
	+						
PAUROPODA							
	+	+			+		

¹Classificação obtida através dos estudos de Bachelier (1978); Sawahata e Narimatsu (2006); Moaris et al. (2010) e Brown et al. (2015).