

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

AMANDA GOMES SILVA

**COMPARTIMENTOS DE C, P e N EM SOLOS SOB PASTAGENS DEGRADADAS
NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

ALEGRE – ES

2020

AMANDA GOMES SILVA

**COMPARTIMENTOS DE C, P e N EM SOLOS SOB PASTAGENS DEGRADADAS
NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de concentração de Solos e Nutrição de Plantas.
Orientador: Prof. Eduardo de Sá Mendonça.

ALEGRE – ES

2020

“O Senhor é a minha luz e a minha salvação; a quem temerei? O Senhor é a força da minha vida; de quem me recearei? ”

Salmos 27:1.

AMANDA GOMES SILVA

**COMPARTIMENTOS DE C, P e N EM SOLOS SOB PASTAGENS DEGRADADAS
NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

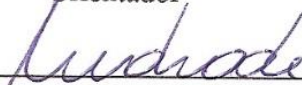
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de concentração de Solos e Nutrição de Plantas. Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça.

Aprovado em: 01/10/2020

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Prof. Dr. Diégo Lang Burak
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador interno



Prof. Dr. Ivan Jannotti Wendling
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador externo

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S586c Silva, Amanda Gomes, 1997-
Compartimentos de C, P e N em solos sob pastagens
degradadas na região sul do Estado do Espírito Santo / Amanda
Gomes Silva. - 2020.
51 f.

Orientador: Eduardo de Sá Mendonça.
Coorientador: Felipe Vaz Andrade.
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e
Engenharias.

I. Mendonça, Eduardo de Sá. II. Andrade, Felipe Vaz. III.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 63

A Deus;

A minha família e amigos, por todos os ensinamentos, força e amor! Por sempre acreditarem que eu conseguiria alcançar meus objetivos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por suas infinitas bênçãos em minha vida, pois sei que só por Ele, tudo que vivi nos últimos dois anos foram possíveis;

Aos meus pais, Ilza Gomes da Conceição e Ogenir da Silva Dias, por acreditarem em mim, me apoiarem, por terem me criado com todo amor e cuidado que puderam e por entenderem os momentos de ausência e também por saberem que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente;

À minha irmã, Kamila Cristina Gomes Silva, que é meu pedacinho de mundo crescido;

Aos meus tios e avós, por suas orações, amor, preocupação com meu bem-estar e por entenderem os momentos de ausência;

Aos meus professores e incentivadores da UNIVALE, Maykon Dias Cezário, Renata Bernardes F. Campos e Terezinha Gomes, por serem os maiores responsáveis por essa conquista da minha vida, além de meus amigos;

Aos meus amigos de Governador Valadares, principalmente Cíntia Alves, que esteve longe geograficamente, mas esteve presente em cada dia e em cada etapa da minha vida nos últimos 2 anos;

Aos meus amigos de Alegre, Loren, Maiza, Diogo, Raul, Chansislayne, Laura, Lorena, Lenita e os demais que fizeram parte da minha vida nessa caminhada e são o motivo de vários momentos de alegria;

Ao meu amor, Danilo Andrade Santos, minha maior surpresa e felicidade nesse mestrado. Aquele que esteve sempre presente no decorrer do processo, mesmo sem perceber, aquele que me deu colo quando precisei, que se alegrou comigo, que me viu chorar por me sentir incapaz em alguns momentos, meu companheiro e incentivador de todos os dias;

Ao professor Eduardo de Sá Mendonça, pela orientação, por toda dedicação ao meu aprendizado e pela constante compreensão com relação ao meu desempenho;

Ao professor Felipe Vaz Andrade, pela coorientação e por ter sido um dos meus pilares de aprendizado na ciência do solo;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão da bolsa;

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso.

A todos, muito obrigada!

RESUMO

SILVA, Amanda Gomes, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo. Setembro de 2020. **Compartimentos de C, P e N em solos sob pastagens degradadas na região sul do Estado do Espírito Santo**. Orientador: PhD. Eduardo de Sá Mendonça. Coorientador: DSc. Felipe Vaz Andrade.

O objetivo foi estudar os compartimentos de C, P e N do solo sob pastagem com dois níveis de degradação em duas estações do ano (inverno e verão). Partiu-se da premissa que os níveis dos compartimentos totais desses elementos em solos sob pastagens utilizadas anos a fio se reduzem, impactando principalmente os compartimentos lábeis em relação aos solos sob vegetação nativa. O estudo foi realizado na região do Caparaó Capixaba, localizada ao sul do estado do Espírito Santo, pertencente ao município de Alegre. Coletou-se solos em nove áreas distintas, sendo três em fragmentos florestais (FF), três em pastagens com baixo nível de degradação (PBD), e três em pastagens com alto nível de degradação (PAD). Em cada uma das áreas de estudo, foram realizadas coletas em duas profundidades (0 - 0,1 m e 0,1 - 0,2 m), com três repetições. Foram realizadas análises de C orgânico total, C lábil, C recalcitrante, Matéria orgânica leve, C da biomassa microbiana, N total, N mineralizável anaerobicamente, N da biomassa microbiana, fracionamento sequencial de P (FSP) e análises enzimáticas (fosfatase ácida, beta-glucosidase e desidrogenase). Os compartimentos de C, P e N do solo sob PAD encontraram-se reduzidos em relação ao solo sob FF. Para o COT, os ambientes sob pastagem corresponderam cerca de 47,2% dos teores obtidos em FF e, CL e NT corresponderam mais de 60%. A baixa taxa de atividade enzimática na fração lábil do FSP fez com que o P orgânico do solo fosse mais elevado em PAD do que em PBD. A fração moderadamente lábil do FSP foi a que apresentou teores mais elevados de P em todos os ambientes.

Palavras-chave: Fracionamento sequencial de fósforo, fragmento florestal, matéria orgânica, N mineralizável, enzima, fosfatase ácida.

ABSTRACT

SILVA, Amanda Gomes, Center for Agricultural Sciences and Engineering at the Federal University of Espírito Santo. September, 2020. **C, P and N compartments in soils under degraded pastures in the southern region of the State of Espírito Santo.** Advisor: PhD. Eduardo de Sá Mendonça. Co-advisor: DSc. Felipe Vaz Andrade.

The objective was to study the soil C, P and N compartments in soils under pasture with two levels of degradation in two seasons (winter and summer). It was assumed that the levels of the total compartments of these elements in soils under pastures used for years are reduced, mainly impacting labile compartments in relation to soils under native vegetation. The study was carried out in the Caparaó Capixaba region, located in the south of the state of Espírito Santo, belonging to the municipality of Alegre. Soils were collected in nine different areas, three in forest fragments (FF), three in pastures with a low level of degradation (PBD), and three in pastures with a high level of degradation (PAD). In each of the study areas, collections were performed at two depths (0 - 0.1 m and 0.1 - 0.2 m), with three replications. Analyzes of total organic C, labile C, recalcitrant C, light organic matter, C of microbial biomass, total N, anaerobically mineralizable N, microbial biomass N, sequential fractionation of P (FSP) and enzymatic analyzes (acid phosphatase, beta -glucosidase and dehydrogenase). The C, P and N compartments of the soil under PAD were reduced in relation to the soil under FF. For COT, the environments under pasture corresponded to approximately 47.2% of the levels obtained in FF and, CL and NT corresponded to more than 60%. The low rate of enzymatic activity in the labile fraction of the FSP caused the organic P of the soil to be higher in PAD than in PBD. The moderately labile fraction of the FSP showed the highest levels of P in all environments.

Keywords: Acid phosphatase, enzyme, forest fragment, mineralizable N, organic matter, sequential phosphorus fractionation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Caracterização da área de estudo e amostragem do solo	13
2.2. Caracterização dos níveis de degradação de pastagens	17
2.3. Análises químicas	17
2.3.1. Compartimentos de C.....	17
2.3.1.1. Carbono Orgânico Total – COT	17
2.3.1.2. Carbono Orgânico Oxidável (COO).....	17
2.3.1.3. Matéria Orgânica Leve (MOL)	18
2.3.1.4. Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) - método da irradiação-extração	18
2.3.2. Compartimentos de N.....	18
2.3.2.1. N total (NT)	18
2.3.2.2. N mineralizável anaerobicamente (NMA)	18
2.3.2.3. Nitrogênio da biomassa microbiana (NBM)	19
2.3.3. Fracionamento sequencial de fósforo (FSP)	19
2.3.4. Análises Enzimáticas.....	19
2.4. Análise estatística	20
3. RESULTADOS.....	20
3.1. Comparação dos compartimentos de C entre os grupos FF e PAS	20
3.2. Comparação dos compartimentos de C entre os grupos PBD e PAD	22
3.3. Comparação dos compartimentos de N entre os grupos FF e PAS	24
3.4. Comparação dos compartimentos de N entre os grupos PBD e PAD	25
3.5. Relação C:N.....	26
3.6. Estoques de C e N.....	27

3.7.	Fracionamento sequencial de fósforo (FSP).....	28
3.8.	Enzimas.....	29
3.9.	Grau de similaridade dos sistemas.....	31
4.	DISCUSSÃO.....	32
4.1.	Compartimentos de C	32
4.2.	Compartimentos de N	33
4.3.	Fracionamento sequencial de fósforo	34
4.4.	Enzimas.....	35
4.4.1.	Fosfatase ácida	35
4.4.2.	β -Glucosidase.....	35
4.4.3.	Desidrogenase	36
5.	CONCLUSÕES.....	37
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
	APÊNDICE	48

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios o homem utiliza os solos para a agricultura, produzindo seu próprio alimento. Em cada revolução histórica que teve impacto na agricultura, as técnicas de produção agrícola foram se aperfeiçoando e o homem precisou se deslocar e expandir cada vez menos para poder cultivar (RODRIGUES et al., 2019). Juntamente com o cultivo de espécies vegetais houve também a expansão da pecuária, e atualmente as pastagens ocupam significativas áreas antes ocupadas por florestas nativas e fragmentos florestais, tanto no Brasil quanto no mundo (SILVA, et al., 2020). Justifica-se a expansão da pecuária devido à possibilidade de elevada lucratividade e relativa facilidade de exploração desta atividade, principalmente se comparada com o cultivo agrícola em áreas montanhosas.

De acordo com Silva et al. (2020), nas últimas três décadas, o Brasil, teve uma perda de 71 milhões de hectares de floresta, triplicando as áreas de cultivo agrícola, além do aumento de aproximadamente 43% na área destinada à produção pecuária.

A conversão de um ecossistema natural para um ecossistema cultivado, pode resultar em degradação, devido às práticas de manejo incorretas, ao longo dos anos. O solo é considerado degradado quando os processos naturais ou antropogênicos resultam na redução da quantidade e qualidade de biomassa vegetal, bem como no aumento dos custos de produção (LAL, 1997). Costa et al. (2006) definem pastagem com nível baixo de degradação aquela que apresenta sintomas leves em que é possível visualizar um determinado vigor das plantas com relativa abundância de massa verde e pastagem com nível alto de degradação, aquela em que os sintomas de degradação estão bem visíveis, como elevada exposição do solo, presença de formigas/térmitas e sinais de processos erosivos). Os níveis de degradação, via de regra, estão associados ao manejo do sistema solo/pastagem, sendo mais degradados aqueles sistemas que utilizam taxas de lotação animal muito superiores e não realizam a manutenção do pasto por meio da reposição dos nutrientes ao solo (CARVALHO et al., 2009).

O preparo incorreto do solo, a escolha equivocada de espécies forrageiras, a utilização de sementes de baixa qualidade, e a não reposição de nutrientes ao longo do processo produtivo são fatores que resultam na degradação de pastagens (PERON & EVANGELISTA, 2004; NORONHA et al., 2010). Os impactos decorrentes dessas práticas afetam a economia do produtor, pois estão diretamente relacionados com os custos de produção (BALBINO et al., 2011; BRÂNCIO et al., 2003), e podem afetar também o meio ambiente, causando declínio na fertilidade do solo (JARVIE et al., 2013; PIMENTEL et al., 1995; ROCHA-JUNIOR, 2012).

Além disso, a perda de solo devido às erosões pode reduzir a qualidade física do mesmo e resultar em uma série de impactos ambientais negativos (ATUCHA et al., 2013; FORTIN et al., 2015; ROBERTSON et al., 2006).

Nessa perspectiva, a degradação de pastagens é apontada como uma realidade no Brasil e no mundo. De acordo com UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2004), citado por DIAS-FILHO (2014), cerca de 20% das pastagens mundiais apresentam algum nível de degradação. No Brasil, esse número é expressivo, pois aproximadamente 70% das pastagens encontram-se em contínuo processo de degradação (SOUZA et al., 2018).

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ricos em biodiversidade e cobria cerca de 90% da extensão territorial do Estado do Espírito Santo. A partir dos anos 60, houve aumento da intensificação do desmatamento neste bioma, e atualmente sua cobertura florestal está próxima de 10,5% (INPE, 2018). As áreas desmatadas foram, em sua grande maioria, convertidas em áreas destinadas a culturas como o café e pastagens (SILVA et al., 2020).

No sul do estado do Espírito Santo, os principais tipos de degradação do solo encontrados são em áreas de pastagens com práticas incorretas de manejo (SILVA et al., 2020). Portanto, práticas de manejo que visam à redução e o controle da degradação são necessárias para manter a sustentabilidade dos solos, bem como das atividades neles exploradas. Estudos mostram que o manejo de pastagens adotado no bioma Mata Atlântica em relevo montanhoso deve ser reavaliado, uma vez que há perdas elevadas de matéria orgânica, o que influencia negativamente o ciclo do C e nutrientes (ROCHA JUNIOR et al., 2017). Nessa região, geralmente, não são aplicados fertilizantes no solo e as pastagens não são manejadas de maneira correta (BERTOSSI et al., 2016).

A matéria orgânica do solo tem função reguladora em uma série de processos que ocorrem no solo, e ainda é reservatório de nutrientes como o N e o P. A baixa disponibilidade de N no solo contribui significativamente para a degradação de pastagens, pois este nutriente faz parte dos compostos de C (TAIZ & ZEIGER, 2017), além de estar envolvido em diversos processos enzimáticos, o que o torna importante para o desenvolvimento vegetal (VENDRAMINI et al., 2015). Estudos acerca do N, C e agregação do solo na região do Caparaó-ES, mostraram que os sistemas convencionais, como as pastagens, apresentam teores médios de N total e de biomassa microbiana inferiores quando comparados a sistemas conservacionistas, como o agroflorestal (RIBEIRO, 2015).

Segundo este autor, o baixo teor de matéria orgânica em solos sob pastagem, somado ao tipo de solo da região, geralmente Latossolos de baixa fertilidade, caracterizados por teores

reduzidos de bases trocáveis e de micronutrientes, resulta na deficiência de P. Effgen, (2008), trabalhando em solos da mesma região com características semelhantes, também constatou redução dos teores de P. O P é nutriente importante na armazenagem de energia vegetal, pois compõem a molécula de Adenosina Trifosfato – ATP, que tem participação direta no processo de fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2017). Nessa perspectiva, o fracionamento sequencial de P se mostra como importante meio para se inferir sobre os compartimentos deste nutriente no solo, em suas diferentes frações nas áreas de estudo. A relevância do estudo das formas de P no solo vem recebendo maior atenção nas últimas décadas, especialmente em solos tropicais, com elevada capacidade de adsorção deste nutriente (ANDRADE & VILLANI, 2017).

No Brasil, assim como em outras partes do mundo, a maioria dos estudos sobre os nutrientes do solo é realizada em áreas destinadas à agricultura. Em áreas sob pastagem, estudos acerca de C e N são mais comuns, contudo, os que consideram os diferentes compartimentos destes dois nutrientes e o P são escassos, principalmente no que tange ao fracionamento sequencial de P.

Portanto, o objetivo com este estudo foi avaliar os compartimentos de C, N e P em solos sob pastagem com dois níveis de degradação, em duas estações do ano (inverno e verão), visando compreender como os níveis de degradação afetam a distribuição dos compartimentos desses nutrientes do solo, em relação ao solo sob vegetação nativa. O estudo parte da premissa de que os compartimentos totais desses elementos em solos sob pastagens são reduzidos impactando, principalmente, os compartimentos lábeis em relação aos solos sob vegetação nativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo e amostragem do solo

O presente estudo foi realizado na região do Caparaó Capixaba, que se encontra localizada ao Sul do Estado do Espírito Santo (Figura 1). As áreas estudadas pertencem ao município de Alegre, sob as coordenadas (20° 45' 48" S, 41° 32' 2" O). As unidades de mapeamento das áreas são compostas principalmente por Latossolos, Cambissolos e, em menor percentagem, Argissolos (MESQUITA, 2011; PACHECO, 2011).

Foram nove áreas de coletas, sendo essas, três fragmentos florestais (FF), três pastagens com baixo nível de degradação (PBD) e três pastagens com alto nível de degradação (PAD).

Em cada uma das áreas de estudo foram realizadas coletas de solo em duas profundidades (0 - 0,1 m e 0,1 - 0,2 m) e três repetições. A amostragem do solo foi realizada em duas épocas do ano (fevereiro e agosto de 2019), estação chuvosa (verão) e estação seca (inverno). As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de malha 2,0 mm, obtendo a terra fina seca ao ar (TFSA), para posterior utilização nas análises (Tabela 1).

As amostras para análises biológicas foram coletadas e armazenadas na umidade natural e mantidas em câmara fria a $\pm 4^{\circ}\text{C}$ para posterior análise.

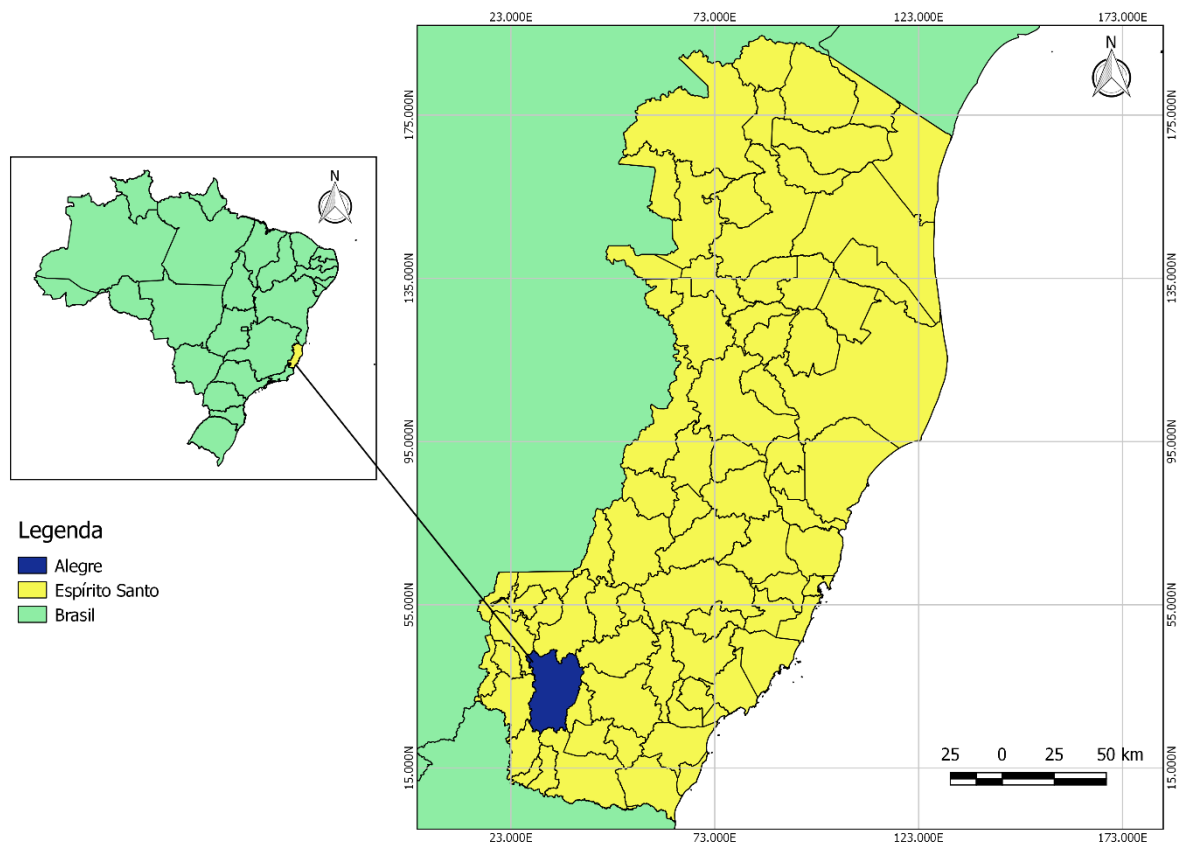


Figura 1: Localização do município de Alegre, Espírito Santo, Brasil. Fonte: Autor.

O clima regional na classificação de Köppen é do tipo Cwa, caracterizado por verão chuvoso e inverno seco (SANTOS et al., 2009). A precipitação e as temperaturas médias entre dezembro de 2018 e o ano de 2019 encontram-se na Figura 2.

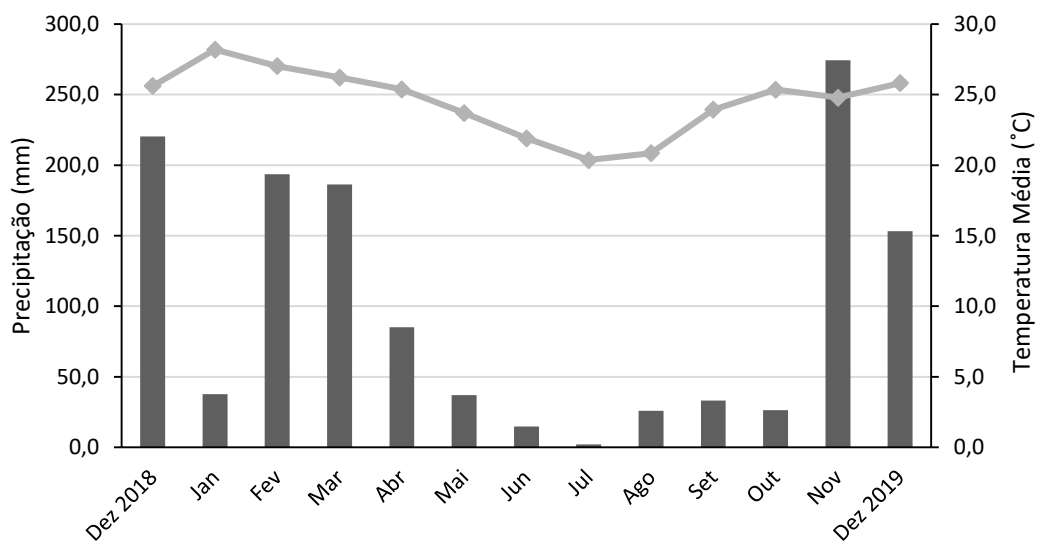


Figura 2: Precipitação (mm) e Temperatura Média (°C) para o município de Alegre- ES nos anos de 2018 e 2019.

Fonte: Estação de superfície automática do município de Alegre – INMET.

Tabela 1: Caracterização geral dos solos nas áreas de pastagens e fragmentos florestais.

Ambientes	0,0 - 0,1 m											
	Argila	Areia	Silte	Classe textural	pH	P disp.	SB	t	T	V	Ds	Declividade
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	-	-	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	g cm ⁻³
FF1	447	464	89	Argilosa	4,68	5,80	1,61	2,01	10,88	14,8	0,92	34
FF2	555	347	98	Argilosa	4,79	2,39	4,43	4,68	13,62	32,5	1,15	5
FF3	498	408	94	Argilosa	4,05	1,43	0,45	2,85	14,43	3,1	0,96	21
PBD1	408	523	69	Argilosa	5,57	1,05	5,44	5,49	10,83	50,2	1,40	18
PBD2	367	499	134	Argilosa	5,83	0,97	4,30	4,30	6,82	73,9	1,44	2
PBD3	374	498	128	Argilosa	6,00	1,71	3,41	3,41	7,48	45,5	1,32	23
PAD1	585	346	69	Argilosa	4,63	2,06	0,83	1,68	7,02	16,4	1,26	31
PAD2	288	618	94	Média	4,75	6,33	3,57	3,57	5,83	61,2	1,57	23
PAD3	472	461	67	Argilosa	4,91	2,63	1,92	2,07	5,17	37,2	1,36	18
0,1 - 0,2 m												
FF1	456	455	89	Argilosa	4,51	5,83	1,31	2,46	9,68	13,6	1,23	34
FF2	571	334	95	Argilosa	4,72	1,81	2,86	3,71	13,21	21,7	1,22	5
FF3	509	388	103	Argilosa	4,09	1,24	0,30	2,20	9,51	13,8	1,03	21
PBD1	428	513	59	Argilosa	5,41	0,88	1,19	1,24	6,99	17,0	1,54	18
PBD2	402	482	116	Argilosa	5,95	1,16	2,68	2,68	6,75	39,6	1,27	2
PBD3	398	491	111	Argilosa	5,70	1,14	2,29	2,29	6,86	33,4	1,44	23
PAD1	591	334	75	Argilosa	4,52	0,97	0,39	1,39	4,80	8,1	1,34	31
PAD2	299	610	91	Média	5,28	2,91	4,11	4,31	5,66	53,7	1,72	23
PAD3	476	454	70	Argilosa	4,80	1,99	1,43	1,63	4,60	31,1	1,15	18

FF: fragmento florestal; PBD: pastagem com baixo nível de degradação; PAD: pastagem com alto nível de degradação; números 1, 2 e 3: referentes às repetições dos ambientes; pH em H₂O (relação 1:2,5); P disp.: Fósforo disponível - Mehlich-1 (Embrapa 2017); SB: Soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC total; V: Saturação por bases; Ds: Densidade do solo pelo método do cilindro volumétrico (Embrapa 2017).

2.2. Caracterização dos níveis de degradação de pastagens

Foram selecionadas seis áreas de pastagens que foram checadas a campo por Giestas (2020), para avaliação visual no período de verão (dezembro 2018), semelhantes aos preceitos relatados por Costa et al. (2006), leve e muito forte. Onde, pastagem com baixo nível de degradação seria o nível de degradação leve e, pastagem com alto nível de degradação a degradação muito forte. Para estimar a frequência de cobertura vegetal do solo foi realizada a avaliação a campo, pelo método da corda proposto por Olszewski et al. (1998) e citado por Costa et al. (2000), que emprega a associação dos métodos linear e de pontos utilizados para determinação da composição botânica (BROWN, 1954) e da cobertura do solo. As avaliações foram realizadas no período de verão, dezembro de 2018 a fevereiro de 2019. A taxa de cobertura do solo foi determinada no terço superior e inferior das áreas para que houvesse maior homogeneização dos dados.

Para avaliação da cobertura foi utilizada uma corda de 10 metros, marcada a cada 50 centímetros, estendida no sentido perpendicular à declividade do solo. Cada avaliação com a corda corresponde a uma repetição dentro da qual foram feitas 20 avaliações, posteriormente transformadas em frequências. Foram realizadas três repetições, ou seja, em cada parcela foram coletadas 20 avaliações com a corda totalizando 60 avaliações por área. As seguintes avaliações foram feitas (a cada 50 cm) averiguando se existia a presença de: vegetação principal, cobertura morta no solo, solo exposto, plantas espontâneas de folha larga e estreita e outros (termiteiros, formigueiros, dejetos de animais e pedras).

2.3. Análises químicas

2.3.1. Compartimentos de C

2.3.1.1. Carbono Orgânico Total – COT

Os teores de COT do solo foram determinados nas profundidades 0,0-0,1 e 0,1-0,2m. Para a determinação, foi utilizado dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) em meio ácido (H_2SO_4). Para maximizar a oxidação do C pelo dicromato foi utilizada uma fonte externa de calor (bloco digestor), de acordo com Yeomans & Bremner (1988).

2.3.1.2. Carbono Orgânico Oxidável (COO)

O método utilizado para o fracionamento do C por graus de oxidação foi adaptado de Chan et al. (2001) e Shang & Tiessen, (1997). As amostras de solo foram acondicionadas em

frasco Erlenmeyer de 250 mL, adicionando-se $K_2Cr_2O_7$, e quantidades de H_2SO_4 , correspondentes às concentrações de 3, 6, 9 mol L^{-1} .

O fracionamento do C produziu quatro frações, com graus decrescentes de oxidação:

Fração 1: C oxidado por $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido de 3 mol L^{-1} de H_2SO_4 ;

Fração 2: diferença do C oxidado por $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido com 6 e 3 mol L^{-1} de H_2SO_4 ;

Fração 3: diferença do C oxidado por $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido com 9 e 6 mol L^{-1} de H_2SO_4 ;

Fração 4: diferença do COT e C oxidado por $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido com 9 mol L^{-1} de H_2SO_4 .

A fração lábil (CL) foi considerada como o somatório do teor de C das frações 1 e 2. A fração recalcitrante (CR) foi considerada pelo somatório do teor da fração 3 e 4.

2.3.1.3. Matéria Orgânica Leve (MOL)

A MOL foi determinada em água (ANDERSON & INGRAM, 1989), adicionando-se 100 mL de solução NaOH 0,1 mol L^{-1} em 50g de TFSA e, no dia seguinte, a MOL foi separada da fração argila, posteriormente da fração areia, e levada à estufa a 65° até peso constante.

2.3.1.4. Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) - método da irradiação-extração

Para a determinação do C-BM, as amostras foram coletadas separadamente e armazenadas em sacos plásticos, identificadas e mantidas em câmara fria $\pm 4^\circ C$ para posterior análise. O CBM foi avaliado pelo método Irradiação-Extração, adaptado de Islam & Weil (2000) e Brookes et al., (1982). Foi adotado fator de conversão (Kc) de 0,33. O Kc é usado para converter o fluxo de C para C da biomassa microbiana (SPARLING & WEST, 1988).

2.3.2. Compartimentos de N

2.3.2.1. N total (NT)

Os teores de Nitrogênio total (NT) foram quantificados por meio de digestão das amostras, seguida por destilação em aparelho Kjeldahl das amostras digeridas, com o uso de solução de ácido bórico como indicador e de HCl 0,05 mol L^{-1} como solução titulante (TEDESCO et al., 1995).

2.3.2.2. N mineralizável anaerobicamente (NMA)

O nitrogênio mineralizável anaerobicamente (NMA) foi determinado conforme método de incubação anaeróbica descrito por Keeney (1982). Amostras de 2 g de solo, trituradas em almofariz e passadas em peneira de 0,210 mm foram acondicionadas em tubo falcon, juntamente com 12,5 mL de água deionizada, os quais foram tampados e incubados a 40° C durante sete dias. Após a incubação, o conteúdo dos tubos foi transferido para frascos de

destilação, utilizando-se para isso 12,5 mL de solução de KCl 1 mol L⁻¹ e 0,2 g de MgO. O NH₄⁺ presente na amostra foi dosado a partir da quantidade de NH₃ liberada pela destilação em meio alcalino e que foi recolhida em Erlenmeyer de 125 mL, contendo 5 mL da solução indicadora em ácido bórico. O destilado foi titulado com solução padronizada de H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹. Paralelamente, determinou-se o teor de NH₄⁺ nas amostras do material não-incubado.

2.3.2.3. Nitrogênio da biomassa microbiana (NBM)

O N-BM foi avaliado pelo método irradiação-extração, adaptado de Islam & Weil (1998) e Brookes et al., (1982). Foi adotado fator de conversão (Kn) de 0,54. O Kn é usado para converter o fluxo de N para N da biomassa microbiana (SPARLING & WEST, 1988).

2.3.3. Fracionamento sequencial de fósforo (FSP)

O fracionamento sequencial de P foi realizado pelo método proposto por Andrade & Villani (2017). Amostras de 0,5 g foram colocadas em tubos de centrífuga (50 mL), adicionando-se 30 mL de água deionizada + resina de troca aniônica (tipo base forte AMI-7001S). Após 16h de agitação a água foi descartada e a resina lavada com HCl 0,5 mol L⁻¹, para obtenção da fração Pi-resina. Logo após, foram adicionados 30 mL de NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹ pH 8,5, e procedeu com agitação por 16h. O mesmo procedimento foi seguido sequencialmente para os extratores NaOH 0,1 mol L⁻¹, HCl 1 mol L⁻¹ e NaOH 0,5 mol L⁻¹, por último foi utilizado H₂SO₄ 1 mol L⁻¹ para obtenção da fração Pi residual. Após o final de cada extração, parte do extrato foi utilizado para determinação do P inorgânico (Pi) e do P total (PAS), este após digestão com HNO₃ + HClO₄ (Relação 3:1). O teor de P nos extratos foi determinado colorimetricamente de acordo com Murphy e Riley (1962). O P orgânico (Po) foi representado pela diferença entre P total (PAS) e P inorgânico (Pi).

A partir dos dados obtidos, foram separados três grandes grupos para melhor análise e interpretação dos dados, sendo eles: lábil (PL: Pi resina + Pi NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹ pH 8,5 e Po NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹ pH 8,5), moderadamente lábil (PML: Pi e Po NaOH 0,1 mol L⁻¹) e labilidade restrita (PLR: Pi e Po NaOH 0,5 mol L⁻¹).

2.3.4. Análises Enzimáticas

Para a fosfatase ácida, utilizou-se o método de Tabatabai & Bremner (1969), onde houve a determinação colorimétrica de p-nitrofenol liberado após a incubação de solo com p-nitrofenil fosfato por 1h a 37°C.

A β -glucosidase foi estimada de acordo com o método de Eivazi & Tabatabai (1988). Baseou-se na determinação colorimétrica de p-nitrofenol liberado pela enzima, após a incubação de solo com solução de p-nitrofenil-beta-D-glucopiranosídeo por 1h a 37°C.

A atividade da enzima desidrogenase foi determinada segundo o método descrito por Casida et al., (1964). O método é baseado na determinação com metanol e determinação colorimétrica de TPF (trifenilformazan) produzido da reação de TTC (cloridrato de 2,3,5 – trifeniltetrazólio) em solo após a incubação das amostras por 24h a 37°C.

2.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste t de student em nível de 5 e 10% de significância entre os ambientes estudados utilizando o software Microsoft Excel Professional Plus (2016). A comparação foi realizada entre matas (FF) e pastagem total (PAS = PBD e PAD) e, entre pastagens com baixo nível de degradação (PBD) e pastagens com alto nível de degradação (PAD). Para uma exploração geral entre as variáveis e dos usos do solo, nas diferentes profundidades e estações do ano, foi realizada a análise multivariada de distância euclidiana no software R (R CORE TEAM, 2017).

3. RESULTADOS

3.1. Comparação dos compartimentos de C entre os grupos FF e PAS

Para COT, as PAS apresentaram pouca variação entre si nas profundidades de coleta e estações avaliadas, tendo como teor máximo na camada de 0-0,1 m 26,66 (\pm 5,80) g kg⁻¹ (chuvosa), e teor mínimo 24,43 (\pm 2,01) g kg⁻¹ (seca), valores estes correspondentes a 47,2 e 74,28% dos valores obtidos no ambiente de referência (FF), Já para a camada de 0,1-0,2 m a variação foi entre 23,39 (\pm 1,81) g kg⁻¹ (seca) e 20,77 (\pm 3,96) g kg⁻¹ (chuvosa), valores estes correspondentes a 74,32 e 47,30% do ambiente de referência (Figura 3). Na estação chuvosa ocorreu aumento nos teores de COT nos solos sob FF.

Nos solos sob PAS os valores de CL e CR (Figura 3) também apresentaram pouca variação segundo as estações e profundidades de solo avaliadas. Os valores de CL, na camada de 0-0,1 m, variaram entre 9,65 (\pm 1,79) g kg⁻¹ (seca), e 8,68 (\pm 1,35) g kg⁻¹ (chuvosa), valores estes correspondentes a 62,86 e 66,01% dos valores obtidos para o ambiente de referência. Na camada de 0,1-0,2 m, a variação foi de 7,98 (\pm 1,01) g kg⁻¹ (seca) e 6,04 (\pm 0,70) g kg⁻¹ (chuvosa), e esses valores são correspondentes a 68,31 e 61,41% do ambiente de referência.

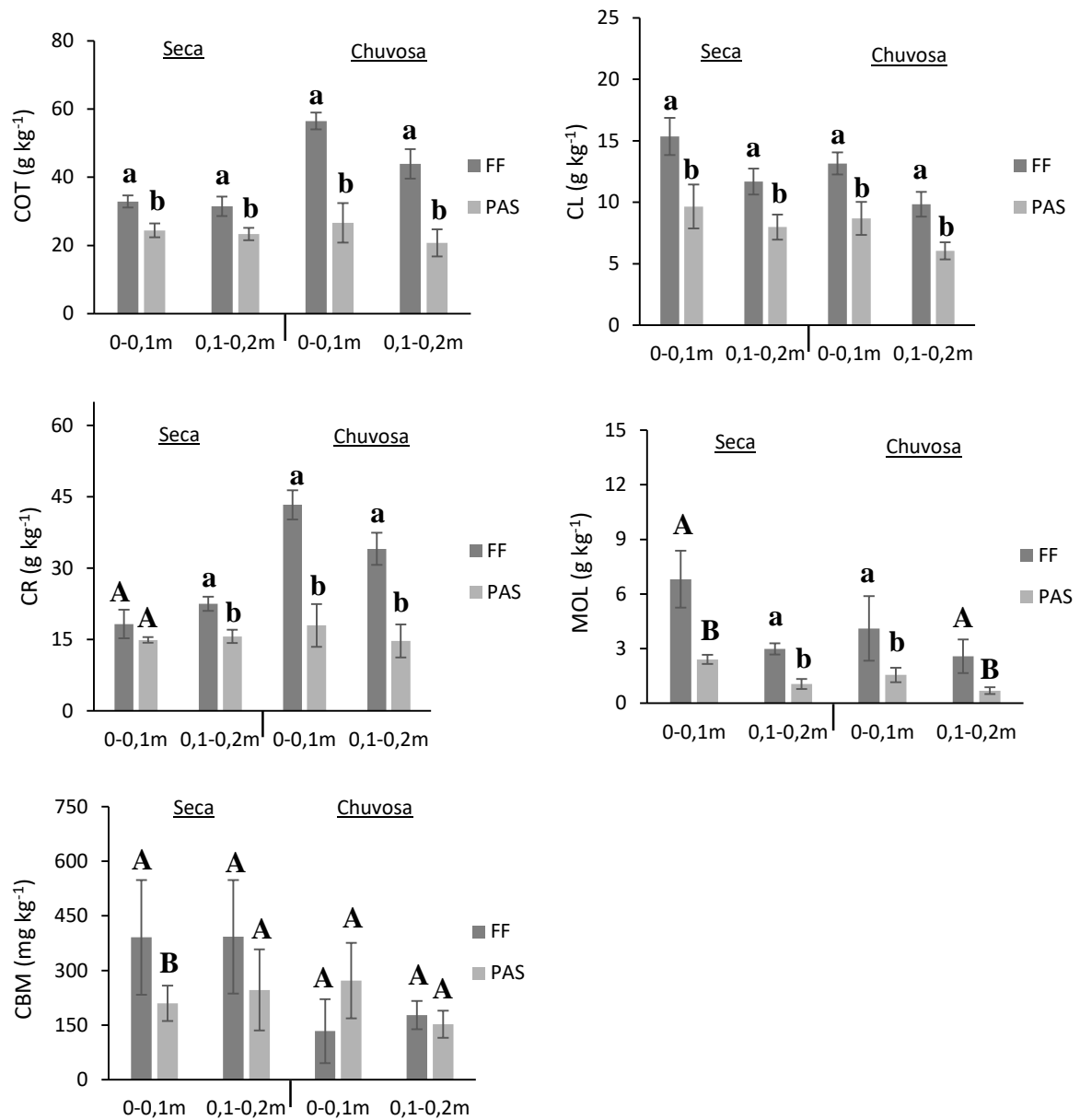


Figura 3: Teores de COT, C lábil (CL), C recalcitrante (CR), matéria orgânica leve (MOL) e, C da biomassa microbiana (CBM), em ambientes de fragmento florestal (FF), pastagem (PAS = PBD e PAD), pastagem com baixo nível de degradação (PBD) e pastagem com alto nível de degradação (PAD), na estação seca e estação chuvosa, nas profundidades de 0,0-0,1m e 0,1-0,2m. Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula não diferem entre os ambientes em 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de student.

Os valores de CR, em 0-0,1 m, variaram entre 17,97 (\pm 4,49) g kg⁻¹ (chuvosa) e 14,92 (\pm 0,59) g kg⁻¹ (seca), correspondendo a 41,38 e 81,70% dos valores obtidos para FF, e em 0,1-0,2 m, 15,66 (\pm 1,40) g kg⁻¹ (seca) e 14,73 (\pm 3,48) g kg⁻¹ (chuvosa), correspondentes a 69,59 e 43,22% de FF.

Os teores médios de MOL (Figura 3) das PAS, foram mais representativos na camada de 0,0-0,1 m, em ambas as estações avaliadas, comportamento semelhante ao ambiente de referência (FF), sobretudo na estação seca. Os teores de MOL das PAS, na camada de 0-0,1 m, variaram entre 2,41 ($\pm 0,25$) g kg⁻¹ (seca), e 1,56 ($\pm 0,40$) g kg⁻¹ (chuvosa), valores estes 35,32 e 37,89% correspondentes aos ambientes sob FF. Já na camada de 0,1-0,2 m a variação foi de 1,05 ($\pm 0,28$) g kg⁻¹ (seca) e 0,69 ($\pm 0,19$) g kg⁻¹ (chuvosa), correspondentes a 35,20 e 26,62% de FF.

Os teores de CBM (Figura 3), de modo geral, não apresentaram diferenças, somente na estação seca (0-0,1 m) onde PAS correspondeu a 53,59% de FF.

3.2. Comparação dos compartimentos de C entre os grupos PBD e PAD

Os teores de COT e CL variaram entre as PBD e PAD (Figura 4). As PBD apresentaram teores mais elevados destas duas variáveis em todas as camadas de solo e estações avaliadas.

Os teores de COT, das áreas sob PAD, na camada de 0-0,1 m, variaram entre 20,28 ($\pm 1,10$) g kg⁻¹ (seca) e 16,88 ($\pm 1,30$) g kg⁻¹ (chuvosa), correspondendo a 70,97 e 46,33% do ambiente sob PBD. Já na camada de 0,1-0,2 m, a variação foi de 19,75 ($\pm 0,86$) g kg⁻¹ (seca) e 14,01 ($\pm 0,88$) g kg⁻¹ (chuvosa), correspondente a 73,04 e 49,13% dos ambientes sob PBD, que por sua vez variaram entre 36,43 ($\pm 8,41$) g kg⁻¹ (chuvosa) e 28,58 ($\pm 1,34$) g kg⁻¹ (seca), em 0-0,1 m e 27,54 ($\pm 5,64$) g kg⁻¹ (chuvosa) e 27,03 ($\pm 1,55$) g kg⁻¹ (seca), em 0,1-0,2 m.

Os teores de CL (Figura 4) variaram entre 6,04 ($\pm 0,44$) g kg⁻¹ (chuvosa), e 5,96 ($\pm 0,35$) g kg⁻¹ (seca), em PAD na camada de 0-0,1 m, correspondendo a 53,30 e 44,67% dos ambientes sob PBD. Na camada de 0,1-0,2 m a variação foi de 6,60 ($\pm 1,08$) g kg⁻¹ (seca) e 4,84 ($\pm 0,45$) g kg⁻¹ (chuvosa), correspondentes a 70,44 e 67,49% de PBD.

Para CR (Figura 4), as áreas sob PAD, na camada de 0-0,1 m, variaram entre 14,60 ($\pm 1,14$) g kg⁻¹ (seca), e 10,84 ($\pm 0,90$) g kg⁻¹ (chuvosa), na camada de 0,1-0,2 m, a variação foi de 13,41 ($\pm 2,09$) g kg⁻¹ (seca) e 9,14 ($\pm 0,60$) g kg⁻¹ (chuvosa). Esses valores corresponderam então a 95,83 e 43,19% (em 0-0,1 m) de PBD e 74,82 e 44,95% (em 0,1-0,2 m) de PBD. Na estação chuvosa, houve decréscimo do teor de CR em PAD e forte aumento em PBD quando comparados à estação seca.

As áreas sob PAD apresentaram variações entre si nas diferentes estações do ano (Figura 4), onde o teor máximo de MOL, em 0-0,1 m, foi de 1,87 ($\pm 0,24$) g kg⁻¹ (seca) e, o mínimo foi de 0,84 ($\pm 0,17$) g kg⁻¹ (chuvosa). Valores estes, 63,47 e 37,24% correspondentes a PBD.

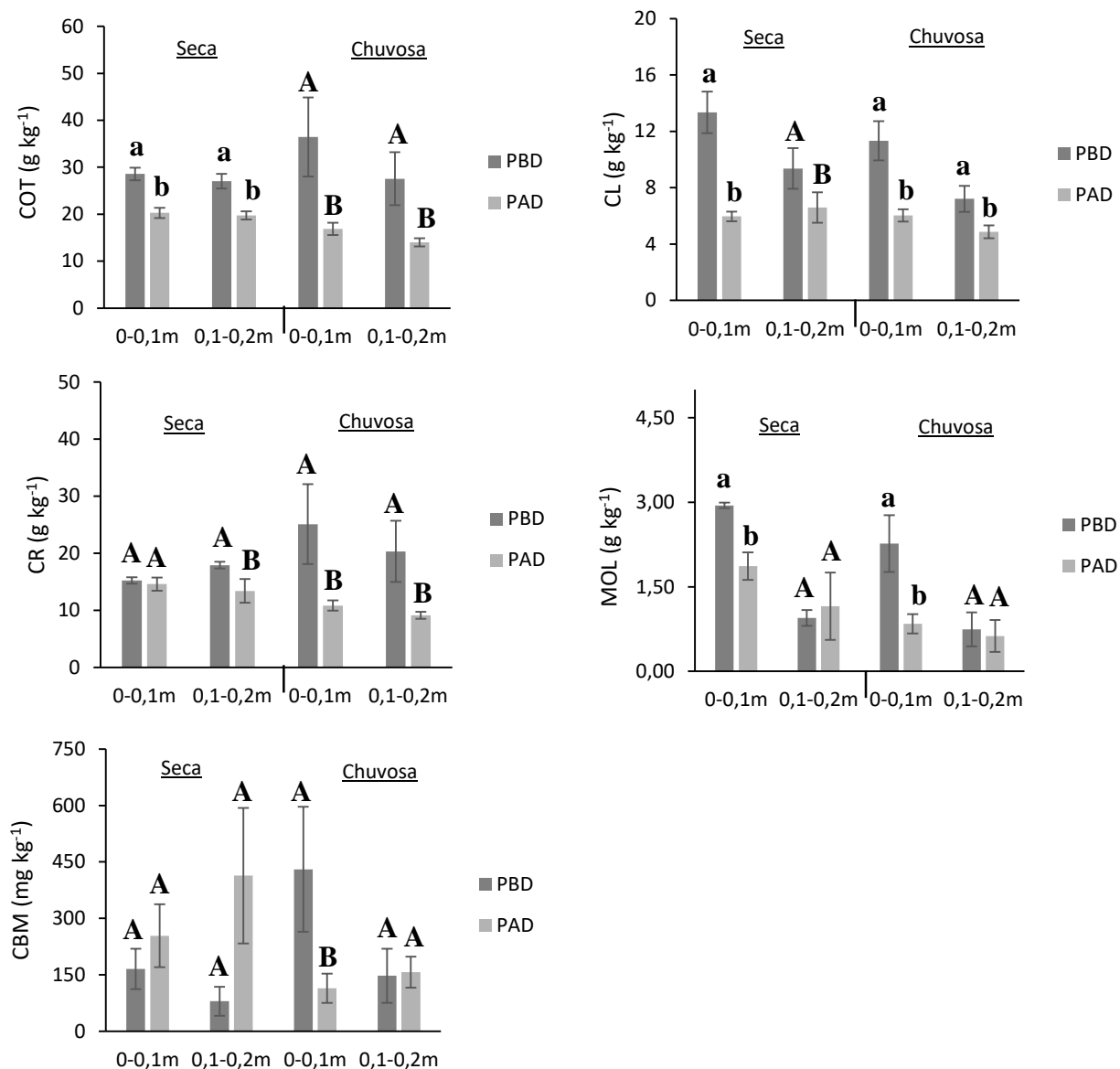


Figura 4: Teores de COT, C lábil (CL), C recalcitrante (CR), matéria orgânica leve (MOL) e, C da biomassa microbiana (CBM), em solos de pastagem com baixo nível de degradação (PBD) e pastagem com alto nível de degradação (PAD) na estação seca e estação chuvosa nas profundidades de 0,0-0,1m e 0,1-0,2m. Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula não diferem entre os ambientes em 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de student.

Já na camada de 0,1-0,2 m a variação foi de 1,16 (\pm 0,60) g kg⁻¹ (seca) e 0,63 (\pm 0,28) g kg⁻¹ (chuvosa), onde PAD foi 17,89% superior e 84,33% correspondente, respectivamente, a PBD. Na estação seca e na estação chuvosa, a camada de 0-0,1 m, apresentou teores médios mais elevados que a camada de 0,1-0,2 m.

Para CBM (Figura 4), na camada de 0-0,1 m, a variação foi de 253,57 (\pm 83,49) mg kg⁻¹ (seca), e 114,02 (\pm 38,96) mg kg⁻¹ (chuvosa), e na camada de 0,1-0,2 m a variação foi de 413,35 (\pm 180,23) mg kg⁻¹ (seca) e 114,02 (\pm 41,24) mg kg⁻¹ (chuvosa).

3.3. Comparação dos compartimentos de N entre os grupos FF e PAS

Para NT (Figura 5), as áreas sob PAS apresentaram variação entre si tanto nas profundidades quanto nas estações avaliadas, com teor máximo na camada de 0-0,1 m de 2,02 (\pm 0,16) g kg⁻¹ (seca), e teor mínimo de 1,69 (\pm 0,21) g kg⁻¹ (chuvosa) e na camada de 0,1-0,2 m, a variação foi de 1,79 (\pm 0,20) g kg⁻¹ (seca) e 1,52 (\pm 0,20) g kg⁻¹ (chuvosa). Estes valores correspondem a 66,01 e 56,15% (para 0-0,1 m) e 80,87 e 62,16% (para 0,1-0,2 m) do NT observado no ambiente de referência (FF).

Para a variável NMA (Figura 5), as áreas sob PAS apresentaram variação entre si nas profundidades e estações avaliadas. Variação esta, entre 49,36 (\pm 9,87) mg kg⁻¹ (chuvosa) e 35,81 (\pm 10,41) mg kg⁻¹ (seca), na camada de 0-0,1 m, correspondendo a 43,51 e 70,25% de FF. Já na camada de 0,1-0,2 m a variação foi de 70,08 (\pm 34,84) mg kg⁻¹ (chuvosa), e 26,74 (\pm 6,63) mg kg⁻¹ (seca), correspondendo a 66,70 e 48,93%, respectivamente, do NMA do ambiente de referência. Na estação chuvosa os teores médios verificados em PAS e FF são mais acentuados que na estação seca.

Para NBM (Figura 5), houve variação média entre as PAD, na camada de 0-0,1 m o teor máximo foi de 122,95 (\pm 32,27) mg kg⁻¹ (seca) e o teor mínimo foi de 38,89 (\pm 10,11) mg kg⁻¹ (chuvosa), onde foram 27,42% superior e 57,31% correspondente, respectivamente, a FF. Na camada de 0,1-0,2 m, a variação foi de 98,86 (\pm 24,47) mg kg⁻¹ (seca) e 25,38 (\pm 12,14) mg kg⁻¹ (chuvosa), sendo 89,44% correspondente e 61,47% superior, respectivamente, que o ambiente sob FF.

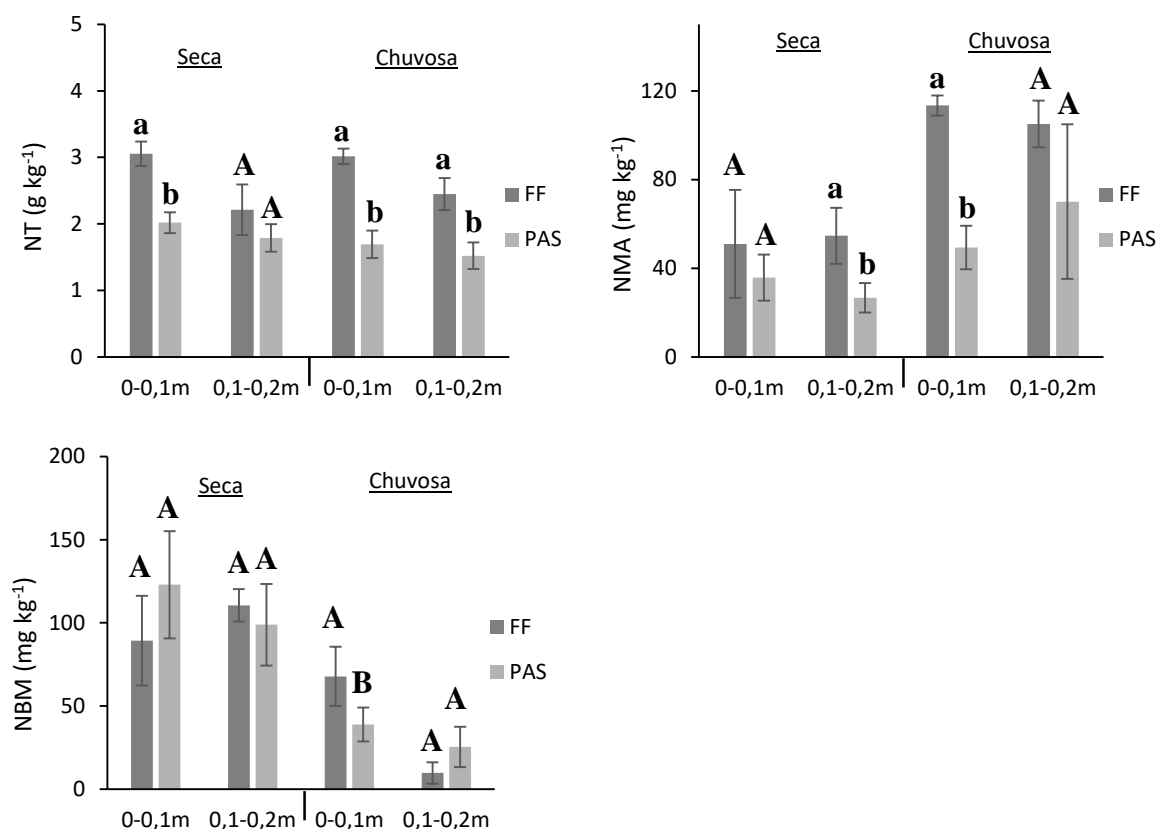


Figura 5: Teores de N total (NT), N mineralizável anaerobicamente (NMA) e, N da biomassa microbiana (NBM), em solos de fragmento florestal (FF), pastagem total (PAS = PBD e PAD), pastagem com baixo nível de degradação (PBD) e, pastagem com alto nível de degradação (PAD), na estação seca e estação chuvosa, nas profundidades de 0,0-0,1m e 0,1-0,2m. Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula não diferem entre os ambientes em 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de student.

3.4. Comparação dos compartimentos de N entre os grupos PBD e PAD

Para NT (Figura 6), as áreas sob PAD apresentaram variação entre as profundidades e estações avaliadas. Onde, o teor máximo de NT em 0-0,1 m, foi de 1,76 (\pm 0,17) g kg⁻¹ (seca) e 1,31 (\pm 0,12) g kg⁻¹ (chuvosa), correspondendo a 77,18 e 62,73% de PBD. Em 0,1-0,2 m, a variação foi de 1,79 (\pm 0,29) g kg⁻¹ (seca) e 1,12 (\pm 0,06) g kg⁻¹ (chuvosa), valores estes correspondentes a 99,98 e 58,13% dos ambientes sob PBD.

Para a variável NMA (Figura 6), as áreas sob PAD apresentaram variação entre si nas profundidades e estações avaliadas, onde o teor máximo em 0-0,1 m foi de 34,42 (\pm 13,43) mg kg⁻¹ (chuvosa), e o teor mínimo foi de 15,69 (\pm 3,03) mg kg⁻¹ (seca), correspondendo a 53,53 e 28,04% de PBD. Em 0,1-0,2 m a variação foi de 32,89 (\pm 16,86) mg kg⁻¹ (chuvosa) e 14,71 (\pm 3,03) mg kg⁻¹ (seca). Valores estes 30,66 e 37,96% correspondentes às variáveis dos ambientes

sob PBD. Na estação chuvosa os teores médios de NMA foram mais acentuados que na estação seca, principalmente no que tange a PBD.

Para NBM (Figura 6), as áreas sob PAD apresentaram variações médias entre si nas profundidades e estações avaliadas, onde o teor máximo em 0-0,1 m foi de 72,49 (\pm 23,63) mg kg⁻¹ (seca) e 30,25 (\pm 10,95) mg kg⁻¹ (chuvosa), correspondentes a 41,80 e 63,65% de PBD. Em 0,1-0,2 m a variação foi de 73,08 (\pm 26,18) mg kg⁻¹ (seca), e o teor mínimo de 7,55 (\pm 4,33) mg kg⁻¹ (chuvosa). Valores estes, 58,63 e 17,47% correspondentes às variáveis dos ambientes sob PBD. A estação seca apresentou teores médios mais elevados de NBM que a estação chuvosa.

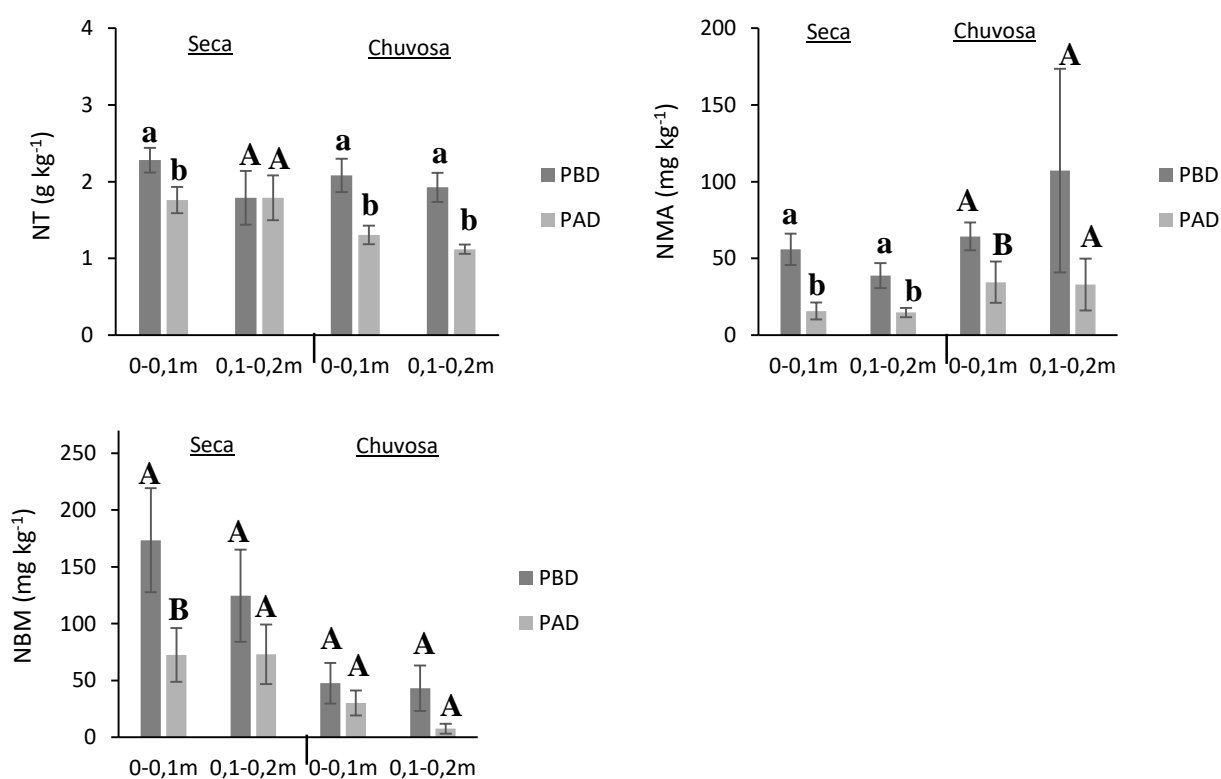


Figura 6: Teores de N total (NT), N mineralizável anaerobicamente (NMA) e, N da biomassa microbiana (NBM), em solos de pastagem com baixo nível de degradação (PBD) e, pastagem com alto nível de degradação (PAD), na estação seca e estação chuvosa, nas profundidades de 0,0-0,1m e 0,1-0,2m. Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula não diferem entre os ambientes em 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de student.

3.5. Relação C:N

De maneira geral, não houve diferença entre os ambientes avaliados para a Relação C:N (Figura 7), somente na época chuvosa e camada de 0-0,1 m, onde PAD ($11,60 \pm 0,97$) correspondeu a 72,75% de PBD.

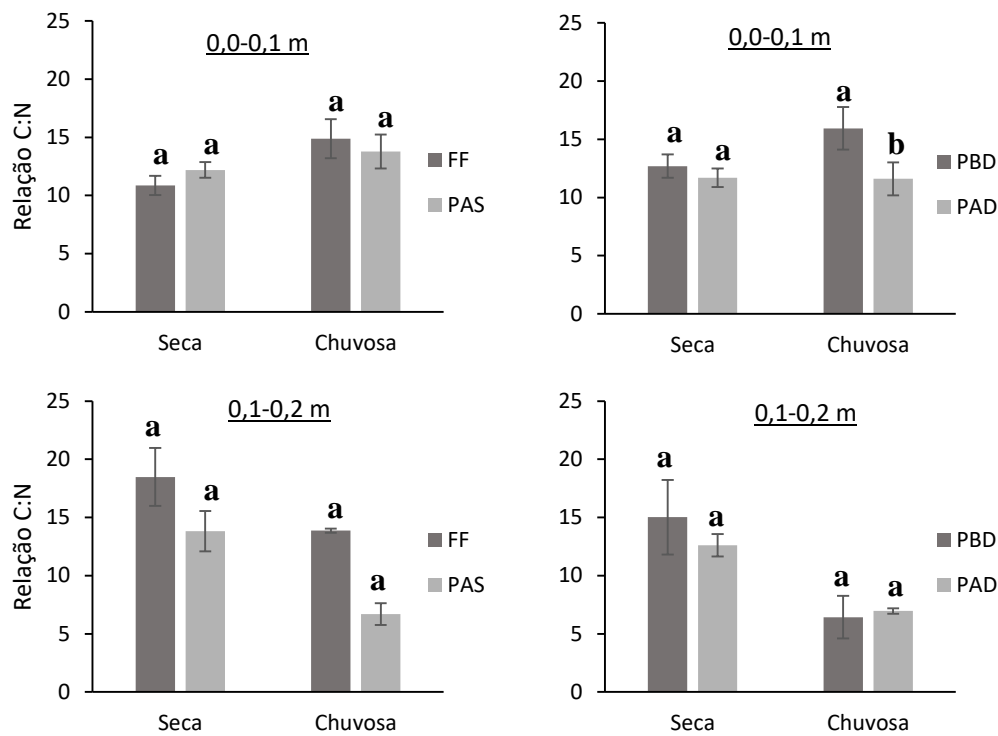


Figura 7: Relação C:N em ambientes de fragmento florestal (FF), pastagem total (PAS = PBD e PAD), pastagem com baixo nível de degradação (PBD) e, pastagem com alto nível de degradação (PAD), na estação seca e estação chuvosa nas profundidades de 0,0-0,1m e 0,1-0,2m. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre os ambientes em 5% de probabilidade pelo teste t de student.

3.6. Estoques de C e N

Os estoques de C (Figura 8), na camada de 0-0,1 m, variaram entre 37,27 ($\pm 7,55$) Mg ha⁻¹ (chuvosa) e 34,10 ($\pm 7,55$) Mg ha⁻¹ (seca), mostrando que PAS foi 65,35% correspondente e 2,50% superior, respectivamente, ao ambiente de referência (FF). Em 0,1-0,2 m, a variação foi de 32,94 ($\pm 2,71$) Mg ha⁻¹ (seca) e 29,21 ($\pm 4,92$) Mg ha⁻¹ (chuvosa), correspondendo a 89,48 e 57,92% de FF.

A comparação de EC, feita entre PBD e PAD (Figura 8), apresentou diferença nas profundidades e estações avaliadas. As PBD apresentaram valores médios superiores a PAD, principalmente na estação chuvosa.

Os estoques de N (Figura 8), em 0-0,1 m, variaram entre 3,98 ($\pm 0,41$) Mg ha⁻¹ (chuvosa) e 2,83 ($\pm 0,24$) Mg ha⁻¹ (seca), mostrando que PAS foi superior a 22,44% e correspondente a 92,54%, respectivamente, de FF. Em 0,1-0,2 m, a variação foi de 2,54 ($\pm 0,33$) Mg ha⁻¹ (seca) e 2,15 ($\pm 0,29$) Mg ha⁻¹ (chuvosa), correspondendo a 97,09 e 75,37% de FF.

Entre PBD e PAD (Figura 8) só houve diferença na estação chuvosa na camada de 0,1-0,2 m, onde PAD ($1,56 \pm 0,13 \text{ Mg ha}^{-1}$) correspondeu a 56,58% de PBD. Ou seja, para o EN, os ambientes sob pastagem e os ambientes de referência, de modo geral, não diferem entre si.

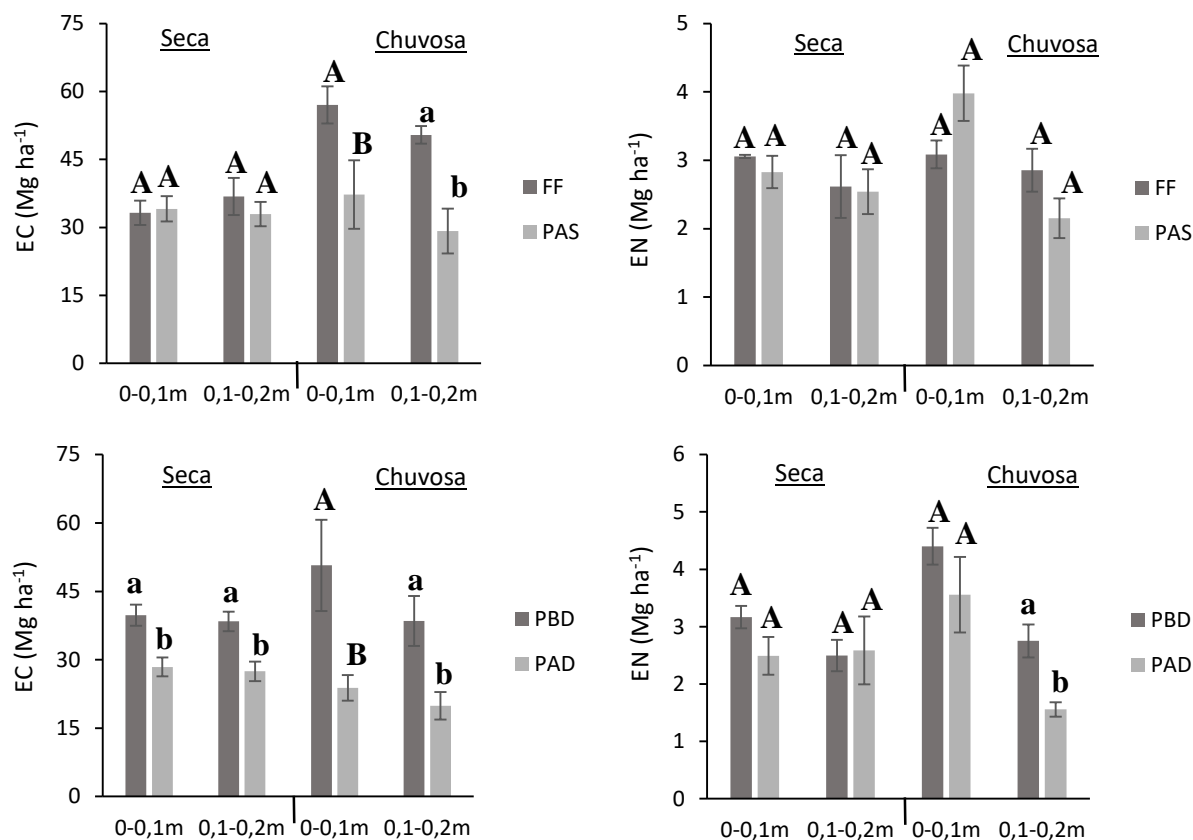


Figura 8: Estoque de C (EC) e Estoque de N (EN) em ambientes de fragmento florestal (FF), pastagem total (PAS = PBD e PAD), pastagem com baixo nível de degradação (PBD) e, pastagem com alto nível de degradação (PAD), na estação seca e estação chuvosa nas profundidades de 0,0-0,1m e 0,1-0,2m. Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula não diferem entre os ambientes em 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de student.

3.7. Fracionamento sequencial de fósforo (FSP)

A fração PL apresentou os menores teores de Po das três frações analisadas (PL, PML e PLR), onde, de modo geral, as pastagens foram inferiores ao ambiente de referência (Figura 9).

A fração PML foi superior às demais, e o Po foi mais elevado que Pi em todas as situações analisadas, nesta fração. Entre as pastagens (Figura 9), a PBD foi superior a PAD, já entre FF e PAS, não houve diferença significativa.

A fração PLR apresentou teores médios de Po mais elevados que Pi, contudo, não apresentou diferença entre os ambientes analisados.

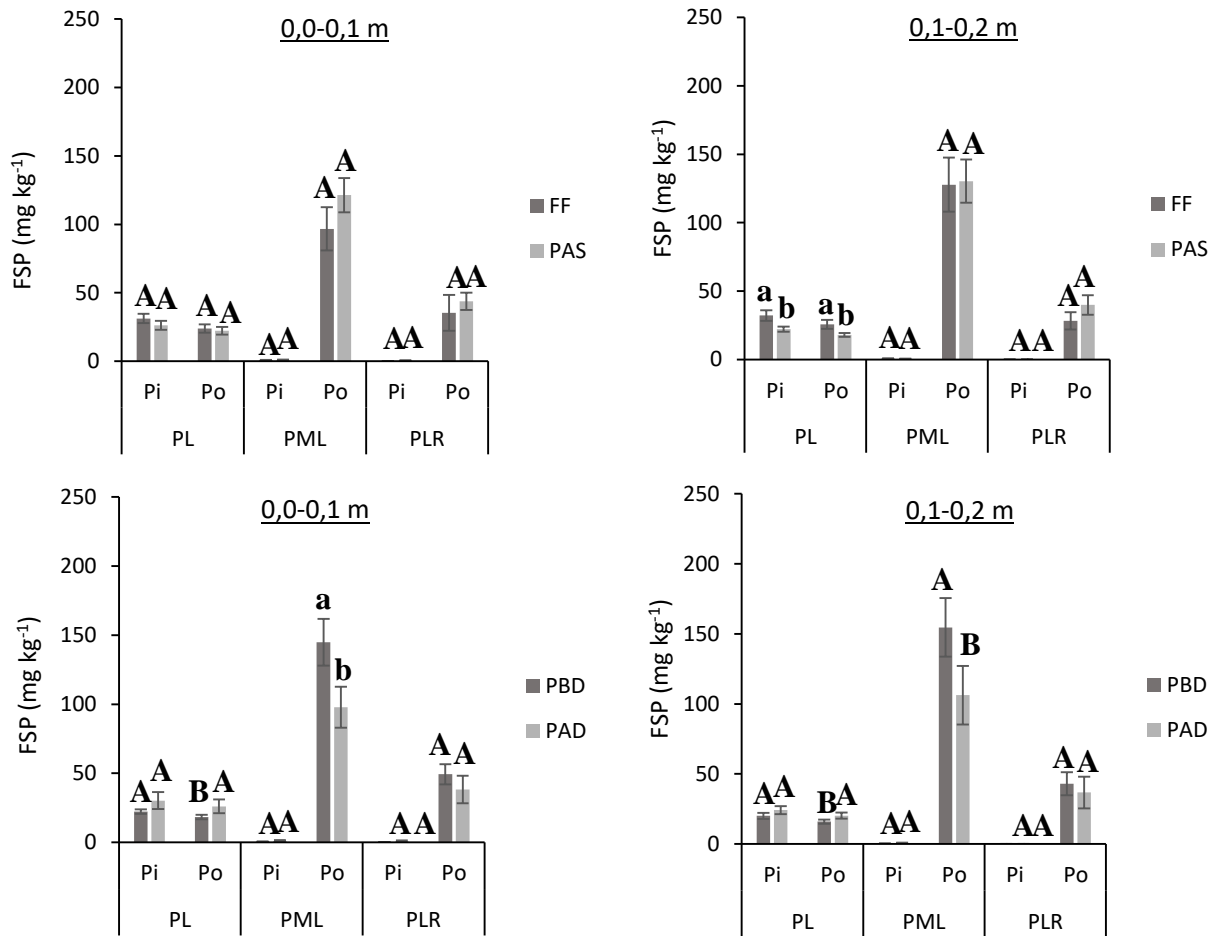


Figura 9: Fracionamento sequencial de fósforo (FSP) de amostras coletadas no verão em ambientes de fragmento florestal (FF), pastagem total (PAS = PBD e PAD), pastagem com baixo nível de degradação (PBD) e, pastagem com alto nível de degradação (PAD), nas profundidades de 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m. Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula não diferem entre os ambientes em 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de student.

3.8. Enzimas

Os ambientes sob PAS (Figura 10) apresentaram teores médios inferiores ao ambiente de referência. Em 0,0-0,1 m houve diferença, onde PAS ($401,23 \pm 67,23 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ solo) correspondeu a 67% do ambiente de FF.

Entre PBD e PAD houve variação entre os ambientes e profundidades avaliados (Figura 10), onde em 0-0,1 m, PAD ($202,63 \pm 79,12 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ solo) correspondeu a 33,78% de PBD ($599,83 \pm 87,62 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ solo), e em 0,1-0,2 m, PAD ($202,78 \pm 73,25 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ solo) correspondeu a 30,87% de PBD ($657,00 \pm 83,37 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ solo).

Para a enzima β -Glucosidase (B-G), tanto na comparação entre PAS e FF, quanto na comparação entre PBD e PAD, houve diferença entre os ambientes analisados.

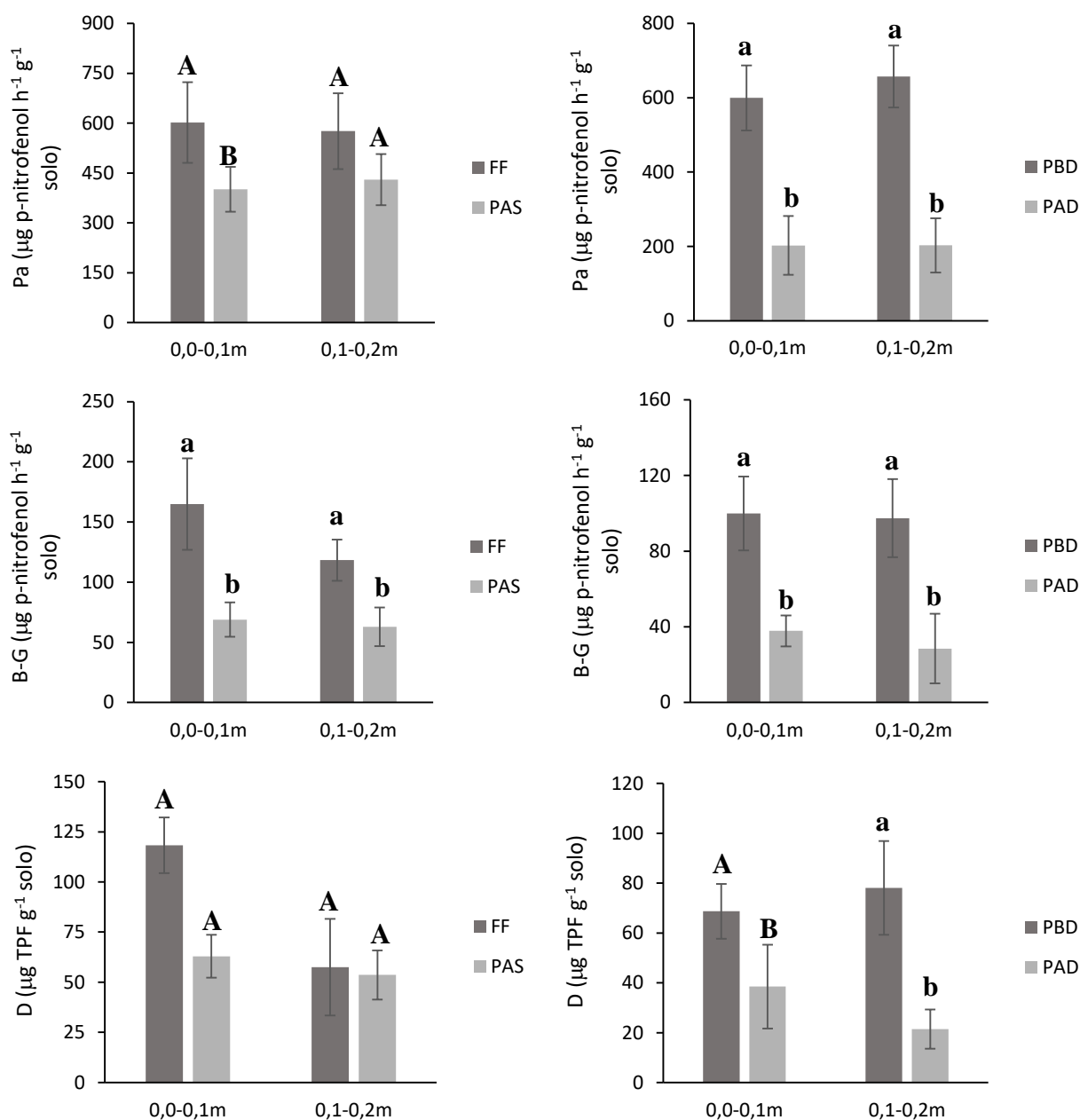


Figura 10: Caracterização biológica das amostras de solo coletadas no verão nas profundidades de 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m. Enzima fosfatase ácida (Pa), enzima β -Glucosidase (B-G), enzima Desidrogenase (D). Médias seguidas de mesma letra minúscula e maiúscula não diferem entre os ambientes em 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de student.

Os valores de PAS ($68,89 \pm 14,21 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$ e $62,94 \pm 16,05 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$) corresponderam a 41,77% e 53,21% do ambiente FF a 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m de profundidade, respectivamente. Os dados das PAD ($37,87 \pm 8,16 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$ e

28,47 ± 18,41 µg p-nitrofenol h⁻¹ g⁻¹ solo) corresponderam a 37,91% e 29,23% do ambiente sob PBD a 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m de profundidade, respectivamente.

A enzima Desidrogenase (D) não apresentou diferença entre FF e PAS nas profundidades estudadas. Já entre PBD e PAD, os teores dessa enzima em PAD (0-0,1 m), corresponderam a 56% do ambiente PBD e, em 0,1-0,2 m, PAD correspondeu a 27,48% do ambiente sob PBD.

3.9. Grau de similaridade dos sistemas

Ao se investigar o grau de similaridade, utilizando a técnica de agrupamento via distância euclidiana a partir das variáveis avaliadas, entre os ambientes estudados, foi possível verificar a formação de 3 grupos (Figura 11). Os fragmentos florestais (FF) foram agrupados separadamente das pastagens (PAS), e dentro do grupo formado por PAS houve separação entre as pastagens com baixo nível de degradação (PBD) e as pastagens com alto nível de degradação (PAD).

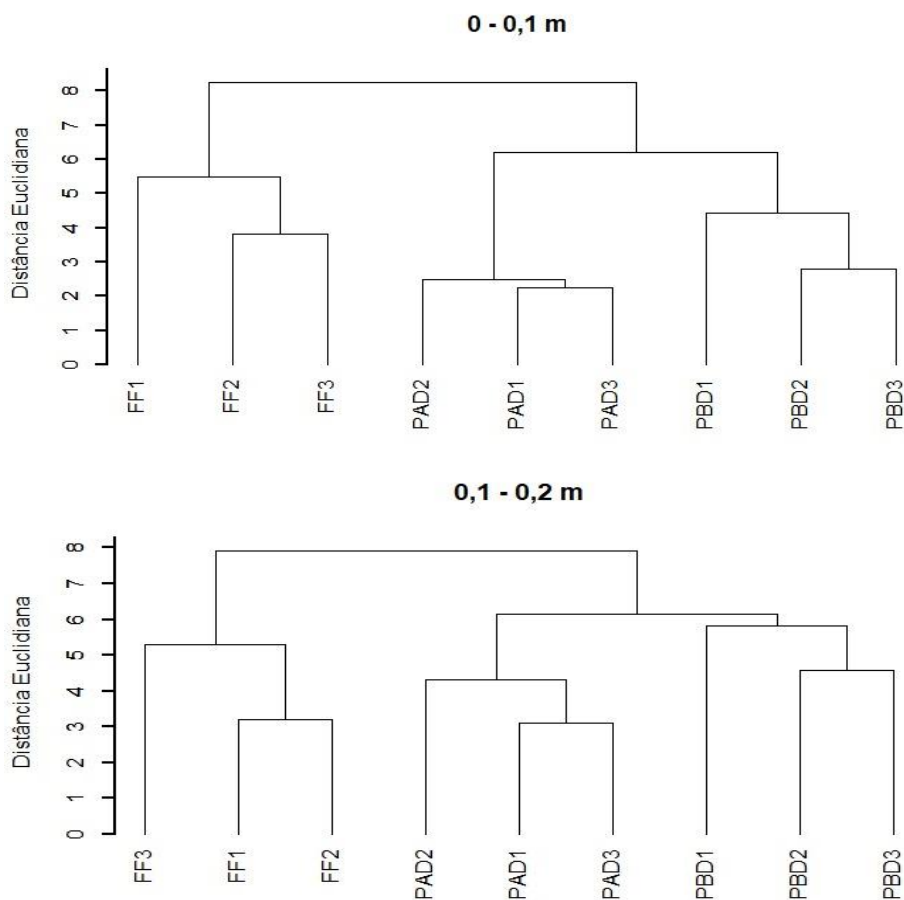


Figura 11: Agrupamento pela distância euclidiana para o conjunto de dados das análises (MOL, CL, CR, COT, CBM, NT, NMA e NBM) das amostras nas camadas de 0,0-0,1 m (A) e 0,1-0,2m (B). FF: fragmento florestal;

PBD: pastagem com baixo nível de degradação; PAD: pastagem com alto nível de degradação; números 1, 2 e 3 referentes às repetições dos ambientes.

4. DISCUSSÃO

4.1. Compartimentos de C

Neste estudo, de modo geral, foram encontradas diferenças entre os ambientes analisados. Sob diferentes níveis de degradação ocorrem alterações drásticas entre os compartimentos de C do solo. Os teores das variáveis COT, CL, CR e MOL foram mais elevados nos ambientes menos degradados (PBD). Semelhantemente ao encontrado no presente estudo, Neves et al. (2013) mostraram o impacto negativo das pastagens degradadas sobre os teores de matéria orgânica do solo. Rosa et al. (2014) mostraram que uma pastagem conservada apresenta teores mais elevados de COT do que uma pastagem degradada, principalmente na camada de 0-0,1 m do solo.

A maioria dos estudos acerca da MOS foca o COT, por ser uma variável sensível a diferenças entre sistemas de manejo, contudo, pequenas alterações nos níveis totais de C são dificilmente detectáveis em curto prazo, tornando-se imprescindível o estudo do C lábil, mais dinâmico no ambiente. Rangel et al., (2008) e Loss et al., (2010) relataram que teores mais elevados de CL tendem a ser encontrados em ambientes com maior aporte de resíduos vegetais. Os dados evidenciaram impacto negativo da pastagem degradada sobre a variável CL, reduzindo a disponibilidade de C do solo para os microrganismos e impactando a ciclagem de C e nutrientes no solo, semelhantemente ao encontrado por Guareschi et al. (2013).

A fração recalcitrante do C (CR) tem menor taxa de ciclagem no solo e pode representar cerca de 2/3 do COT do solo (SANTANA, 2019). No presente estudo o CR representou, na estação seca, 71,5% (FF), e 69,15% (PAS) do COT, e na estação chuvosa, 76,7% (FF), 70,45% (PAS). Loss et al., (2014) relata maiores teores de CR em área de pastagem e, relacionaram esse comportamento ao sistema radicular da vegetação que normalmente estoca elevados teores de COT.

Rosset et al., (2016) também observaram maiores teores de CR em área de pastagem, na camada superficial. Contudo, no presente estudo, o CR apresentou menores teores em PAS em relação à vegetação nativa nas duas profundidades avaliadas (0,0-0,1 e 0,1-0,2 m). O resultado discordante da literatura mostra que, no presente estudo, o estoque de CR que está

ligado à fração mineral do solo é reduzido à medida que avança a degradação da pastagem (CERRI et al., 2015). Nesper et al. (2015) mostram que a degradação de pastagens em solos altamente intemperizados está ligada a um declínio estrutural do solo (como a quebra dos agregados do solo) e perdas de matéria orgânica (MO), o que pode afetar a dinâmica e a disponibilidade de C do solo, pois este nutriente está diretamente relacionado com a MO.

O estudo do estoque de C (EC) mostrou que os ambientes sob PAD foram os que menos corresponderam ao ambiente de referência. Vários autores citam a diminuição nos estoques de C no solo quando as pastagens se encontram degradadas (BRAZ et al, 2013; MAIA et al., 2013; OLIVEIRA et al, 2016a).

O maior teor da MOL na estação seca nas áreas estudadas deve estar relacionado à senescência das plantas devido à baixa disponibilidade de água no solo nesta época do ano, resultando em maior aporte orgânico nesse período, aumentando a MOL. A MOL representa o potencial de liberação de nutrientes em curto e médio prazos (LEITE et al., 2003). Monteiro (2015) mostra que os valores de MOL diminuem em profundidade e são maiores na estação seca do ano.

4.2. Compartimentos de N

De modo similar aos compartimentos de C, os diferentes níveis de degradação dos ambientes sob pastagem podem afetar os compartimentos de N do solo. Ambientes sob PD apresentaram, de modo geral, teores inferiores de NT, NMA e NBM que os ambientes sob PC, que por sua vez, se assemelharam ao ambiente de referência. Foram encontradas diferenças principalmente na camada de 0-0,1 m do solo. Estes resultados corroboram com os encontrados por Ribeiro (2015) e Yuan et al., (2020), indicando que a degradação de pastagem acarreta redução nos teores de N dos solos.

Foi observada elevação dos teores médios de NMA na camada de 0-0,1 m do solo e na estação chuvosa. Os principais fatores que influenciam a mineralização do N referem-se ao grau de recalcitrância da matéria orgânica do solo, à atividade microbiana e ao manejo do solo (RHODEN et al., 2006). Em geral, a camada superficial apresenta maior potencial de mineralização de N devido ao maior aporte de resíduo orgânico e a microbiota em relação à camada subsuperficial (CANTARELLA, 2007). A atividade microbiana é influenciada diretamente pelo aporte orgânico, temperatura e umidade do solo (MARCHÃO et al., 2009; CANTARELLA, 2007; GUNTIÑAS et al., 2012). Durante o verão, na área estudada, prevaleceram altas temperaturas e umidade no solo, o que muito provavelmente aumentou o

potencial de mineralização de N em relação ao período de inverno, que apresenta baixas temperaturas e baixa disponibilidade de água no solo.

Os teores de NBM não variaram entre os ambientes estudados. Esse resultado não era esperado, uma vez que a dinâmica do sistema radicular tende a aumentar os teores de NBM do solo (GAMA-RODRIGUES, 2008).

De forma geral, a relação C:N não foi impactada pelas pastagens em relação à vegetação nativa. A faixa de variação foi de 10,87 ($\pm 0,82$) a 15,94 ($\pm 3,40$) para 0-0,1 m e, 6,42 ($\pm 3,20$) a 18,47 ($\pm 1,68$) para 0,1-0,2 m, o que potencializa a ciclagem de C e nutrientes no sistema solo, principalmente N (SOUZA et al., 2018). Caso não haja reposição de N no sistema de pastagem por meio de adubação pode ocorrer deficiência de N no sistema ao longo do tempo (CANTARELLA, 2007).

4.3. Fracionamento sequencial de fósforo

Na fração PL, camada de 0-0,1 m, o Po apresentou diferença somente entre as pastagens, onde PAD foi superior a PBD. Em 0,1-0,2 m o ambiente de referência (FF) apresentou teores médios elevados com relação as PAS, o que é esperado para este ambiente (CUNHA et al., 2007). Já entre as pastagens, somente o Po apresentou diferença, onde PAD foi mais elevada que PBD. Os teores de Po em PL superiores em PAD, nas duas camadas de solo avaliadas, podem estar relacionados com a atividade dos micro-organismos do solo. O ambiente PBD apresenta pouca perturbação quando comparado ao ambiente PAD, e devido a essa característica, como é possível observar no tópico de fosfatase ácida (item 4.4.1), a atividade desses micro-organismos é alta em PBD e baixa em PAD, o que provavelmente interfere na ciclagem de Po do solo, pois este ambiente possui uma taxa de ciclagem mais lenta. Nesper et al. (2015) mostraram que a atividade enzimática hidrolisou cerca de 60% do Po do solo analisado, ou seja, ambientes que possuem atividade enzimática acentuada, como PBD, podem hidrolisar uma maior quantidade de Po do que ambientes como PAD, fazendo com que este apresente teores mais elevados de Po.

A fração PML apresentou os maiores teores médios de Po dentre os grupos analisados (PL, PML e PLR), principalmente quanto à camada de 0,1-0,2 m. Entre os ambientes sob pastagem, a PBD apresentou teores médios mais elevados que PAD, e diante disso, não houve diferença entre FF e PAS, devido a PBD. Luizão et al., (2007) mostram que as chuvas e a consequente deposição de MOS, representam maior fluxo de entrada de Po para os ambientes, o que pode ter ocorrido no presente estudo, no ambiente PBD, uma vez que as amostras foram

coletadas na época chuvosa, quando o aporte de MOS foi favorecido. Além disso, Busato et al., (2005), mostram que a fração PML pode suprir os componentes mais lábeis e também fornecer P para os compartimentos mais estáveis, o que explica seu teor mais elevado na camada de 0,1-0,2 m com relação às outras duas frações.

A utilização de diferentes níveis de degradação de pastagem auxiliaram em mostrar que ambientes sob forte degradação afetam negativamente os compartimentos de PML e PLR. Resultados semelhantes foram apresentados por Xavier et al. (2011), que estudando as frações de P no bioma Mata Atlântica, mostraram maiores teores médios de P em solos sob vegetação nativa e sistema conservado do que em sistemas convencionais.

4.4. Enzimas

4.4.1. Fosfatase ácida

A enzima fosfatase ácida (Pa) mostrou diferença entre FF e PAS na camada de 0-0,1 m, onde PAS correspondeu a 66,7% de FF. Tabatabai (1994) mostra que a enzima fosfatase ácida está fortemente relacionada com o pH do solo, independente do conteúdo de matéria orgânica e do nível de perturbação. Corroborando assim com os dados encontrados no presente estudo, onde os ambientes sob FF apresentaram maior teor de Pa, se relacionando ao pH baixo deste ambiente (Tabela 1), quando comparado ao pH das pastagens (PBD). Resultados semelhantes foram observados por Conte et al. (2002).

Para PBD (que possui pH mais elevado que PAD), era esperada uma diminuição na atividade de Pa. Contudo, houve diferença significativa entre os ambientes nas duas profundidades avaliadas e PBD apresentou teores médios superiores a PAD. Uma possível explicação para esse comportamento da Pa é que dentro da comunidade microbiana do solo, as populações de fungos representam a principal fonte de fosfatases do solo (ACOSTA-MARTÍNEZ et al. 2003, 2008b), e em um ambiente degradado, como as PAD, a concentração desses fungos possivelmente é inferior a um ambiente conservado como PBD, ocasionando a diminuição da atividade enzimática mesmo tendo a seu favor o fator pH mais baixo.

Van Aarle et al. (2002; 2003) mostram que extensões superiores a 70 m de hifas de fungos foram registradas em solos sob pastagem, mas em solos tropicais esses valores decrescem consideravelmente devido à maior acidez do solo. Acidez essa, encontrada em PAD.

4.4.2. β -Glucosidase

Para a enzima β -glucosidase (B-G), foram observadas diferenças em todos os ambientes e profundidades avaliados, onde FF e PBD foram os mais representativos. Resultados

semelhantes foram observados por Machado (2016) e por Badiane et al. (2001), onde a maior quantidade e qualidade da MOS acarretou maior atividade da B-G, principalmente em ambientes conservados. A β -glucosidase (B-G) atua na etapa final do processo de decomposição da celulose (TABATABAI, 1994), e tem grande importância no fornecimento de fontes de C como principal fonte de energia para microrganismos do solo (DENG & POPOVA, 2011). Os ambientes conservados, com aporte constante de matéria orgânica, favorecem a atividade dessa enzima e também dos micro-organismos do solo.

4.4.3. Desidrogenase

Não foi verificada diferença significativa entre os ambientes de FF e PAS. Esse comportamento está ligado à influência da PBD, que apresentou valores semelhantes a FF. A atividade da desidrogenase reflete a atividade oxidativa total da microbiota do solo e pode ser bom indicador da atividade microbiana, sendo estimulada pela adição de material orgânico ao solo (GARCIA et al., 1997). Moreira & Siqueira, (2006) mostraram que quando há substrato de qualidade, ocorre acréscimo no número de microrganismos no solo e, com isso, há maior eficiência na ciclagem de nutrientes. Tais microrganismos influenciam na atividade da enzima desidrogenase, uma vez que esta é produzida somente em células vivas. Corroborando assim com os dados obtidos no presente estudo, onde os ambientes conservadores (FF e PBD), apresentaram teores médios mais elevados da enzima desidrogenase que os ambientes sob PAD.

5. CONCLUSÕES

- FF e PBD, de modo geral, apresentaram teores mais elevados de todos os compartimentos de C, N e P;
- O estudo dos compartimentos de C, N e P foi eficiente em apresentar a separação dos níveis de degradação. Onde os níveis mais baixos desses nutrientes associaram-se a PAD e os níveis mais altos associaram-se a PBD;
- O estudo com diferentes níveis de degradação de pastagem foi eficiente em mostrar o efeito negativo da degradação na atividade enzimática, onde os ambientes PAD apresentaram as menores taxas de atividade enzimática;
- A baixa taxa de atividade enzimática na fração PL do FSP fez com que o Po do solo fosse mais elevado em PAD do que em PBD;
- A fração PML do FSP foi a que apresentou teores mais elevados de P.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-MARTÍNEZ, V., D. ROWLAND, R.B. SORENSEN, AND K.M. YEATER.. Microbial community structure and functionality under peanut-based cropping systems in a sandy soil. **Biol. Fertil. Soils** v.44, p. 681–692, 2008.
- ACOSTA-MARTÍNEZ, V., D.R. UPBDHURCH, A.M. SCHUBERT, D. PORTER, AND T. WHEELER. 2003. Early impacts of cotton and peanut cropping systems on selected soil chemical, physical, microbial and biochemical properties. **Biol. Fertil. Soils** v. 40, p. 44–54, 2003.
- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. **CAB International**. 171 p. 1989.
- ANDRADE, F.V. & VILLANI, E.M. de A. Fracionamento de Fósforo. In: TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. (Org.). **Manual de Métodos de análise de solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2017. p. 343-358.
- ATUCHA, A., MERWIN, I.A., BROWN, M.G., GARDIAZABAL, F., MENA, F., ADRIAZOLA, C., LEHMANN, J. Soil erosion, runoff and nutrient losses in an avocado (*Persea Americana* Mill) hillside orchard under different groundcover management systems. **Plant Soil** v. 368, p. 393–406, 2013.
- BADIANE, N. N. Y. et al. Use of soil enzymes activities to monitor soil quality in natural and improve fallows in semi-arid tropical regions. **Applied Soil Ecology**, v. 18, p. 229-238, 2001.
- BALBINO, L.C., CORDEIRO, L.A.M., PORFÍRIO-DA-SILVA, V., MORAES, A., MARTÍNEZ, G.B., ALVARENGA, R.C., KICHEL, A.N., FONTANELI, R.S., SANTOS, H.P., FRANCHINI, J.C., GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. I-XII, 2011.
- BERTOSSI, A.P.A., ROCHA JÚNIOR, P.R., RIBEIRO, P.H., MENEZES, J.P.C., CECÍLIO, R.A., ANDRADE, F.V. Soil cover and chemical and physical attributes in Oxisol in the Atlantic Forest Biome. **Revista Árvore** v. 40, p. 219–228, 2016.

- BRÂNCIO, P.A., NASCIMENTO JUNIOR, D., EUCLIDES, V.P.B., FONSECA, D.M., ALMEIDA, R.G., MACEDO, M.C.M., BARBOSA, R.A. Avaliação de Três Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob Pastejo: Composição da Dieta, Consumo de Matéria Seca e Ganho de Peso Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1037-1044, 2003.
- BRAZ, S. P. et al. Soil Carbon Stocks under Productive and Degraded Pastures in the Brazilian Cerrado. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 3, p. 914. 2013.
- BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Measurement of Microbial Biomass Phosphorus in Soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 14, n. 4, p. 319–329, 1 jan. 1982.
- BROWN, D. Methods of surveying and measuring vegetation. Commonwealth Bureau of Pasture and Field Crops, Hurley, **Berkshire**, 223p. (Bulletin 42). 1954.
- BUSATO JG, CANELLAS LP, VELLOSO ACX. Fósforo num Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. In: Fracionamento sequencial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2005. 29(6), 935-944.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. **SBCS**, Viçosa, 2007, p.375-470.
- CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; PICOLLO, M.C.; GODINHO, V.P.; CERRI, C.C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil Tillage Research**, v.103, p.342-349, 2009.
- CASIDA, L.E. JR., D.A. KLEIN, AND T. SANTORO. 1964. Soil dehydrogenase activity. **Soil Sci.** 98:371-376.
- CERRI, C.E.P.; ABBRUZZINI, T.F.; BRANDANI, C.B.; DURIGAN, M.R.; FREITAS, R.C.A.; LISBOA, I.P.; OLIVEIRA, D.M.S. & SIGNOR, D. Estoques de carbono e fluxo de gases do efeito estufa em agroecossistemas no Brasil. In:

- NASCIMENTO, C.W.A.; JÚNIOR, V.S.S.; FREIRE, M.B.G.S. & SOUZA, E.R. Tópicos em Ciências do Solo. 2015. Vol. IX. **SBCS**. p.31.
- CHAN, K.Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an Oxic Paleustalf under different pasture ley. **Soil Science**, v.166, p.61-67, 2001.
- CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 925-930, 2002.
- COSTA, C. D. de O. et al. propriedades físicas dos solos de uma sub-bacia hidrográfica sob processo de degradação. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 13, p. 15–31, 2019.
- COSTA, N. et al. - Recuperação e renovação de pastagens degradadas (Recovery and renovation of degraded pastures). **REDVET**, v. VII, 1 jan. 2006.
- COSTA, O. V.; COSTA, L. M.; FONTES, L. E. F.; ARAUJO, Q. R.; KER, J. C.; NACIF, P. G. S. Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de Chernossolos no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.843-856, 2000.
- CUNHA, G. D. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo orgânico em solos sob florestas montanas, pastagens e eucaliPASo no norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 31, p. 667-672, 2007.
- DENG, S.; POPOVA, In. Carbohydrate Hydrolases. In: DICK, R. P., (Ed.). *Methods of Soil Enzymology*. Madison, **Soil Science Society of America**, 2011. p. 185-208, ChaPASer 9, (Special Publication, 9).
- DIAS-FILHO, M. B. (2014). *Diagnóstico das Pastagens no Brasil*. Belém-PA: **EMBRAPA Amazônia Oriental**.
- EFFGEN, E.M. Avaliação de atributos físicos e químicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob cultivo de eucaliPASo e pastagem no sul do Espírito Santo. 2008. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES.

- EIVAZI, F. & M.A. TABATABAI. 1988. Glucosidases and galactosidases in soils. **Soil Biol. Biochem.** 20:601-606.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **EMBRAPA**. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- FORTIN, G., LEBLAME, M., SCHIAVONE, S., CHOUIRNARD, O., UTZSCHNEIDER, A., 2015. Local percePAsions, Ruslefac mapping, and field results: the sediment budget of Cogne River, New Brunswick. **Can. Environ. Manag.** 55:113–127.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. da; GAMA-RODRIGUES, A.C. da; PAULINO, G.M. E FRANCO, A.A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. 2008. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1521-1530.
- GARCIA TC, HERNANDEZ T, COSTA F. Potential use of dehydrogenase activity as index of microbial activity in degraded soils. **Commun Soil Sci Plant Anal.** 1997;28:123-34.
- GIESTAS, P.H.C. Ação dos insetos Copronecrófagos (insecta: *scarabaeidae*: *escarabaeinae*) na qualidade do solo em pastagens degradadas na região do Caparaó capixaba. 2020. Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES.
- GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Oxidizable Carbon Fractions in Red Latosol under Different Management Systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 242–250, jun. 2013.
- GUNTIÑAS, M. E. et al. Effects of Moisture and Temperature on Net Soil Nitrogen Mineralization: A Laboratory Study. **European Journal of Soil Biology**, v. 48, p.73–80, 1 jan. 2012.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) & FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica no período 2016-2017. São Paulo, 2018. Disponível em <http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.PADf> Acesso em 29 de junho de 2020.

- ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicators properties in Mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.55, p.69-78, 2000.
- JARVIE, H.P., SHARPLEY, A.N., WITHERS, P.J.A., SCOTT, J.T., HAGGARD, B.E., NEAL, C. Phosphorus mitigation to control river eutrophication: murky waters, inconvenient truths, and “postnormal” science. **J. Environ. Qual.** v. 42, p. 295– 304, 2013.
- KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. Nitrogen inorganic forms. In: Page, A. L. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Madison: **American Society of Agronomy**, p. 643-698. 1982.
- LAL, R. Soil quality and sustainability. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C. & STEWART, B.A. Methods for assessment of soil degradation. New York, **CRC Press**, 1997. p.17-30.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA. E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:821-832, 2003.
- LOSS, A. et al. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. **Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata**, v. 113, n. 1, p. 1-8–8, 2014.
- LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G. et al. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, v. 1, p. 57-64, 2010.
- LUIZÃO FJ. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**. 2007;59: 31-36.
- MACHADO, L.V. Relação entre solos e vegetação em gradiente topográfico de fragmento de floresta atlântica. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES.

- MAIA, S. M. F. et al. Contrasting approaches for estimating soil carbon changes in Amazon and Cerrado biomes. **Soil and Tillage Research**, v. 133, p. 75-84. 2013.
- MARCHÃO, R. L. et al. Carbon and Nitrogen Stocks in a Brazilian Clayey Oxisol: 13- Year Effects of Integrated Crop–Livestock Management Systems. **Soil and Tillage Research**, Contains papers from HighLand 2006: Land Degradation and Soil and Water Conservation in Tropical Highlands, Mekelle, Ethiopia, 21-25 September 2006. v. 103, n. 2, p. 442–450, 1 maio 2009.
- MENDONÇA, E.S. & MATOS, E.S. Matéria orgânica do solo; métodos de análises. Viçosa, MG, **Universidade Federal de Viçosa**, 2005.
- MESQUITA, L. F. Caracterização de solos sob diferentes coberturas vegetais da sub-bacia hidrográfica do Rio Alegre – ES. 2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES.
- MONTEIRO, E. de C. Degradação de solos sob pastagens a bacia do rio Alegre-ES: cobertura do solo e indicadores de qualidade. 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J, O. Microbiologia e Bioquímica do solo. 2. ed. Lavras: Ed. da **UFLA**, 2006.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphate in Natural Waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 27, p. 31–36, 1 jan. 1962.
- NEVES NETO, D.N.; SANTOS, A.C.; SANTOS, P.M.; MELO, J.C.; SANTOS, J.S. Análise espacial de atributos do solo e cobertura vegetal em diferentes condições de pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.9, p.995-1004, 2013.
- NESPER, M. et al. Pasture Degradation Decreases Organic P Content of Tropical Soils Due to Soil Structural Decline. **Geoderma**, Special issue on developments in soil organic phosphorus cycling in natural and agricultural ecosystems. v. 257–258, p. 123–133, 1 nov. 2015.
- NORONHA, N. C. et al. Recovery of Degraded Pasture in Rondônia: Macronutrients and Productivity of *Brachiaria Brizantha*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1711–1720, 2010.

- OLIVEIRA, D. M. DA S. et al. Soil carbon changes in areas undergoing expansion of sugarcane into pastures in south-central Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 228, p. 38-48. 2016 a.
- OLSZEWSKI, N.; BRAGA, A. P.; COSTA, L. M.; SILVA, H. R. F. Proposição de metodologia para avaliação da degradação de pastagens em propriedades rurais. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo – **Agricultura e sustentabilidade no Semi-Árido**, 12. Fortaleza. Anais. Fortaleza: SBCS, 1998. p.256-257. 1998.
- PACHECO, A.A. Pedogênese e distribuição espacial dos solos da bacia hidrográfica do rio Alegre – ES. 2011. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa.
- PERON, A. J., & EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, p. 655-661, 2004.
- PIMENTEL, D., HARVEY, C., RESORSUDARMO, P., SINCLAIR, K., KURZ, D., MCNAIR, M., CRIST, S., SHPRITZ, L., FITTON, L., SAFFOURI, L., BALIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science** v. 267, p. 1117–1123, 1995.
- R CORE TEAM (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <<https://www.R-project.org/>>.
- RANGEL, O. J. P. et al. Frações oxidáveis do carbono orgânico de latossolo cultivado com café em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 429–437, 2008.
- RHODEN, A. C. et al. Mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1780–1787, dez. 2006.
- RIBEIRO, J.J. Nitrogênio, carbono e agregação do solo sob sistemas de uso no território do Caparaó - ES. 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES.
- ROBERTSON, M.J., SCRUTON, D.A., GREGORY, R.S., CLARKE, K.D., 2006. Effect of suspended sediment on freshwater fish and fish habitat. **Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences**, No. 2644.

- ROCHA-JUNIOR, P.R., 2012. Indicators of Soil Quality and Determination of Levels of Degraded Pastures. Universidade Federal do Espírito Santo. Dissertation.
- ROCHA JUNIOR, P. R. da et al. Soil, Water, and Nutrient Losses from Management Alternatives for Degraded Pasture in Brazilian Atlantic Rainforest Biome. **Science of The Total Environment**, v. 583, p. 53–63, 1 abr. 2017.
- RODRIGUES, S. C. M. et al. os recursos naturais no processo de desenvolvimento econômico capitalista: **Semioses**, v. 13, n. 4, p. 50–68, 2019.
- ROSA, R.; SANO, E.E.; ROSENDO, J.S. Carbon storage in soils of cultivated pastures in the Parnaíba River basin. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 26, p. 333-351, 2014.
- ROSSET, J. S. et al. Frações químicas e oxidáveis da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1529–1538, set. 2016.
- SANTANA, J.C.A. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica de solos da região semiárida potiguar. 2019. Monografia (Agronomia). Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró-RN.
- SANTOS, L.N.S.; PASSOS, R.R.; CARDOSO, L.C.M.; SANTOS, C.L.; GARCIA, G.O.; CECÍLIO, R.A. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em Alegre (ES). **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 140- 149, 2009.
- SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, v. 162, n. 11, p. 795–807, nov. 1997.
- SILVA, G. M. A. da et al. Ocupação da Terra e Diagnóstico de Degradação no Sul do Espírito Santo. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 16, p. 45–51, 2020.
- SOUZA, M. de S. et al. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **PUBVET**, v. 12, p. 172, 24 mar. 2018.

- SPARLING, G. P.; WEST, A. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial and ¹⁴C-labeled cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p.337–343, 1988.
- TABATABAI, M.A. & BREMNER, J.M. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biol. Biochem.** 1:301-307.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. **Artmed**, 6^a Ed. 2017. p.121.
- TEDESCO, M.J., GIANELLO, G., BISSANI, C.A., BOHNEN, H. & VOLKWEIS, S.I. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p. 1995.
- VAN AARLE I.M., OLSSON P.A., SODERSTROM B. (2002). Arbuscular mycorrhizal fungi respond to the substrate pH of their extraradical mycelium by altered growth and root colonization. **New Phytologist**. 155: 173-182.
- VAN AARLE I.M., SODERSTROM B., OLSSON P.A. (2003). Growth and interactions of arbuscular mycorrhizal fungi in soils from limestone and acid rock habitats. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 35, p. 1557-1564, 2003.
- VENDRAMINI, J. M. B.; JÚNIOR, J. C. B. D.; SILVEIRA, M. L. Ciclagem de nutrientes em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 9, n. 2, p. 308–315, 28 jun. 2015.
- VIANA, E. T. et al. Atributos físicos e carbono orgânico em latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2105–2114, 2011.
- XAVIER F.A.D.S., ALMEIDA E.F., CARDOSO I.M., MENDONÇA E.S. Soil phosphorus distribution in sequentially extracted fractions in tropical coffee- agroecosystems in the Atlantic Forest biome, Southeastern Brazil. **Nutrient cycling in agroecosystems**. 2011. 89:31-44.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Science of Plants and Analyses*. v.19, p.1467-1476, 1988.

YUAN, Z.-Q. et al. Pasture Degradation Impact on Soil Carbon and Nitrogen Fractions of Alpine Meadow in a Tibetan Permafrost Region. **Journal of Soils and Sediments**, v. 20, n. 5, p. 2330–2342, 01 maio 2020.

APÊNDICE

Tabela 1: Fracionamento sequencial de fósforo em ambientes sob pastagem e fragmento florestal na profundidade de 0 - 0,1 m, sendo todos os dados em mg kg⁻¹.

Ambientes	Pi resina	NaHCO ₃ 0,5 mol L ⁻¹			NaOH 0,1 mol L ⁻¹			HCl 1,0 mol L ⁻¹			NaOH 0,5 mol L ⁻¹			Pi residual	Σ P
		Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po		
FF1	11,7	20,4	0,8	19,6	92,2	0,0	92,2	12,3	0,7	11,6	69,9	0,0	69,9	188,3	374,4
FF2	3,2	30,6	2,0	28,6	82,4	1,3	81,2	5,9	0,0	5,9	35,8	0,0	35,8	140,4	267,7
FF3	3,0	24,9	1,7	23,1	117,3	0,6	116,7	6,7	0,0	6,7	21,6	0,0	0,5	231,2	379,8
PBD1	1,9	20,8	0,8	20,0	104,0	0,0	104,0	3,0	0,0	3,0	31,6	0,0	31,6	137,2	277,7
PBD2	3,8	18,3	0,8	17,5	163,7	0,9	162,7	9,0	1,9	7,1	50,8	0,2	50,6	278,5	505,8
PBD3	3,4	18,7	0,8	17,9	168,5	0,6	168,0	5,1	0,0	5,1	65,8	0,0	65,8	302,7	545,5
PAD1	0,8	17,6	0,8	16,8	85,9	0,0	85,9	6,7	0,0	6,7	27,9	2,0	25,9	151,8	273,1
PAD2	5,6	39,3	0,8	38,5	71,6	2,5	69,1	22,5	16,7	6,6	57,5	0,2	57,3	178,8	336,0
PAD3	3,8	23,6	0,8	22,8	138,9	0,5	138,5	5,9	2,4	3,7	31,6	0,0	31,6	282,2	462,4

FF: fragmento florestal; PBD: pastagem com baixo nível de degradação; PAD: pastagem com alto nível de degradação; Pt: fósforo total; Pi: fósforo inorgânico; Po: fósforo orgânico; Σ P: Pi resina + Pt NaHCO₃ + Pt NaOH 0,1 mol L⁻¹ + Pt HCl 1,0 mol L⁻¹ + Pt NaOH 0,5 mol L⁻¹ + Pi Residual.

Tabela 2: Fracionamento sequencial de fósforo em ambientes sob pastagem e fragmento florestal na profundidade de 0,1 - 0,2 m, sendo todos os dados em mg kg⁻¹.

Ambientes	Pi resina	NaHCO ₃ 0,5 mol L ⁻¹												Pi residual	Σ P
		¹ pH 8,5			NaOH 0,1 mol L ⁻¹			HCl 1,0 mol L ⁻¹			NaOH 0,5 mol L ⁻¹				
		Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po		
FF1	10,9	24,2	0,8	23,4	146,9	0,0	146,9	4,9	0,3	4,6	25,4	0,0	25,4	153,5	365,8
FF2	4,8	34,0	0,9	33,1	120,4	0,7	119,7	4,3	0,0	4,3	29,3	0,0	29,3	154,3	347,1
FF3	1,4	21,4	0,8	20,7	118,0	1,3	116,7	7,5	0,0	7,5	30,5	0,0	30,5	220,2	399,0
PBD1	1,0	18,5	0,8	17,7	106,1	0,0	106,1	3,9	0,0	3,9	18,7	0,0	18,7	122,4	270,6
PBD2	1,6	15,9	2,6	13,3	200,3	0,7	199,6	8,2	1,3	7,0	43,2	0,1	43,0	268,6	537,7
PBD3	5,9	17,6	0,8	16,8	158,1	0,2	157,9	6,5	0,0	6,5	67,2	0,0	67,2	285,0	540,2
PAD1	0,7	13,8	0,8	13,0	53,8	0,0	53,8	3,8	0,0	3,8	20,8	0,0	20,8	134,0	226,9
PAD2	2,5	24,6	0,8	23,8	130,2	1,5	128,7	21,7	16,7	5,0	60,7	0,2	60,5	167,1	406,8
PAD3	6,4	24,6	0,8	23,8	136,5	0,3	136,1	7,7	0,2	7,5	29,1	0,0	29,1	306,6	510,9

FF: fragmento florestal; PBD: pastagem com baixo nível de degradação; PAD: pastagem com alto nível de degradação; Pt: fósforo total; Pi: fósforo inorgânico; Po: fósforo orgânico; Σ P: Pi resina + Pt NaHCO₃ + Pt NaOH 0,1 mol L⁻¹ + Pt HCl 1,0 mol L⁻¹ + Pt NaOH 0,5 mol L⁻¹ + Pi Residual.