



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS – *CAMPUS* ARAGUATINS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

RAYANE REIS SOUSA

POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO SOB DIFERENTES MANEJOS DE
PASTAGENS

ARAGUATINS

2018

RAYANE REIS SOUSA

POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO SOB DIFERENTES MANEJOS DE PASTAGENS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins* como exigência à obtenção do grau Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite.

ARAGUATINS

2018

Sousa, Rayane Reis

Potencial de sequestro de carbono sob diferentes manejos de pastagens. Rayane Reis Sousa – Araguatins, Tocantins, 2018.

33 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Araguatins, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite

1. Conservação do solo. 2. Mudanças climáticas 3. Respiração edáfica. Título



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO SOB DIFERENTES MANEJOS DE PASTAGENS"

AUTOR (A): Rayane Reis Sousa

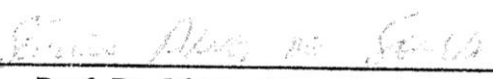
ORIENTADOR (A): Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Agronomia.

Aprovado em 19 de fevereiro de 2018.



Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus Araguatins*



Prof. Dr. Sérgio Alves de Sousa
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus Araguatins*



Prof. Msc. Márcio Rogério Pereira Leite
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus Araguatins*

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado a todos que de alguma forma contribuíram para a sua realização, em especial aos meus queridos pais e minha irmã.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e todas as forças divinas que conspiraram para que eu pudesse alcançar minhas realizações.

Agradeço aos meus pais, Raimundo Nonato Apinajés de Sousa e Maria Célia Pereira Reis Sousa, por servirem como porto seguro, sempre apoiando, incentivando, e acima de tudo ensinando os valores éticos e morais.

As minhas queridas tias e madrinhas, que sempre me deram conselhos, atenção e carinho. Obrigado aos meus amigos, Fredson, Samara, Rosyane, Adriane, Ricardo, Junior Braz, Adalton, Will Kennedy, Pedro Henrique, Zeca, Thierry, Miqueias, Vanessa, Larissa, Rosana, Jardel Estevam, Geyson Marcos, Gabriel pela amizade incondicional, dividindo experiências, tristezas e alegrias.

Ao dedicado e atencioso Prof. Dr. Raimundo Laerton, pelo apoio, suporte e conhecimento compartilhado, pela confiança depositada, pela mão amiga, e pelos ensinamentos que sem dúvida nenhuma irão me acompanhar em toda minha vida profissional.

Também deixo registrado meu agradecimento aos técnicos do laboratório de solos do IFTO, em especial ao José Armando (Trovão) e Ricardo Lopes de Alencar, e a estagiária Mikaely Lira que sempre esteve a disposição contribuindo e orientado na elaboração nas análises químicas deste trabalho.

Enfim, agradeço a todas as pessoas, amigos, familiares, colegas, conhecidos, professores, funcionários do IFTO, que no decorrer desses cinco anos presenciaram, contribuíram e proporcionaram o meu aperfeiçoamento, tornando-me mais experiente e aberta a novos horizontes do mundo.

“ A persistência é o melhor caminho para o êxito”
Charles Chaplin

RESUMO

A recuperação das pastagens aumenta a assimilação de carbono pelo solo, extraindo grandes quantidades de CO₂ atmosférico. O objetivo com esse trabalho foi mensurar as emissões de CO₂ em áreas de pastagens submetidas a diferentes sistemas de manejo. A área experimental está situada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins*, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 5°39'04" (S) e longitude 48°07'28" (W), altitude aproximadamente de 103 m. Amostras de solo foram coletadas em três profundidades (0-10, 11-20 e 21-30 cm) para determinação de Carbono orgânico (CO) e Matéria orgânica do Solo (MOS). A atividade microbiana diurna e noturna, medida pela liberação de CO₂, foi avaliada mensalmente durante o período de setembro a novembro de 2017, em três áreas, obedecendo aos tratamentos: T1 (MN: Mata nativa -Controle), T2 (PR: Pastagem recuperada) e T3 (PD: Pastagem degradada), utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A área do experimento totalizou 1800 m², e em cada tratamento foi utilizada uma área de 600 m². Foram selecionados em cada tratamento quatro pontos de coleta (definidos ao acaso). A metodologia baseou-se no princípio de que o CO₂ liberado por uma área de solo é absorvido por uma solução de KOH 0,5 N e determinado por titulometria com HCl 0,1 N, as medidas de CO₂ foram realizadas durante 12 horas no período diurno (6:00 às 18:00 h) e 12 horas no noturno (18:00 às 6:00 h). Avaliou-se também a temperatura do solo, na superfície e a 10,0 cm de profundidade, nas três áreas estudadas. O carbono e a matéria orgânica diferiram estatisticamente no tratamento mata nativa sendo os maiores valores na camada 0-10 cm, 44,03 g kg⁻¹ e 75,91 g kg⁻¹, respectivamente. A emissão de CO₂ em média no período diurno foi 35,55 mg m⁻² h⁻¹, e em período noturno foi de 63,33 mg m⁻² h⁻¹. A adoção dos sistemas de pastagens reduziu os teores de CO e MOS na camada superficial, em relação a mata nativa. Houve tendência da máxima liberação de CO₂ ocorrer no período noturno nas três áreas estudadas. A mata nativa diferenciou-se dos demais tratamentos o que comprova que sua substituição por usos e manejos modifica a qualidade de origem do solo.

Palavras-chave: conservação do solo, mudanças climáticas, respiração edáfica.

ABSTRACT

Grassland recovery enhances soil carbon uptake by extracting large amounts of atmospheric CO₂. The objective of this work was to measure CO₂ emissions in pasture areas under different management systems. The experimental area is located at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins - Campus Araguatins, located at the following geographical coordinates: latitude 5 ° 39'04 "(S) and longitude 48°07'28" (W), altitude approximately 103 m. Soil samples were collected at three depths (0-10, 11-20 and 21-30 cm) for determination of organic carbon (CO) and soil organic matter (MOS). The daily and nocturnal microbial activity, measured by CO₂ release, was evaluated monthly during the period from September to November 2017, in three areas, following the treatments: T1 (MN: Mata native - Control), T2 (PR :) and T3 (PD: degraded pasture). The results were submitted to analysis of variance, and the means were compared by the Tukey test at 5%, by the Sisvar program. The area of the experiment totaled 1800 m², and in each treatment an area of 600 m² was used. Four treatment points were selected for each treatment (randomly defined). The methodology was based on the principle that the CO₂ released by a soil area is absorbed by a solution of 0.5 N KOH and determined by titration with 0.1 N HCl, the CO₂ measurements were carried out for 12 hours in the period (6:00 to 6:00 p.m.) and 12 o'clock in the evening (6:00 p.m. to 6:00 p.m.). The soil temperature was also evaluated on the surface and at 10.0 cm depth in the three studied areas. Carbon and organic matter differed statistically in the native forest treatment, with the highest values in the 0-10 cm layer, 44.03 g kg⁻¹ and 75.91 g kg⁻¹, respectively. The mean CO₂ emission in the daytime period was 35.55 mg m⁻² h⁻¹, and at night it was 63.33 mg m⁻² h⁻¹. The adoption of pasture systems reduced CO and SOM levels in the topsoil relative to the native forest. There was a tendency of maximum CO₂ release occurring at night in the three areas studied. The native forest was differentiated from the other treatments, which proves that its substitution by uses and managements modifies the origin quality of the soil.

Keywords: soil conservation, climate change, soil respiration

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de temperatura máxima, mínima e média do período de setembro a novembro de 2017. Fonte: INMET,2018.....	15
Figura 2. Dados de umidade relativa do ar e precipitação do período de setembro a novembro de 2017. Fonte: INMET,2018.....	15
Figura 3- Processo de titulação, utilizando o indicador fenolftaleína (A), titulação com alaranjado de metila (B).....	18
Figura 4- Erlenmeyer com solução de dicromato de potássio e solo em placa elétrica (A) e processo de titulação (B).....	21
Figura 5- Dados de temperatura coletados mensalmente durante três meses na superfície 0 cm e a 10 cm de profundidade no solo às 06:00 horas e às 18:00 horas nos tratamentos descritos.....	22
Figura 6. Teores de emissões de CO ₂ coletados durante três meses no período diurno em todos os tratamentos descritos. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	25
Figura 7. Teores de emissões de CO ₂ coletados durante três meses no período noturno em todos os tratamentos descritos. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.	26
Figura 8. Evolução de CO ₂ do solo durante os períodos diurno e noturno, nas áreas mata, pastagem recuperada, pastagem degradada em Araguatins-TO, ano 2017. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas das áreas em estudo no IFTO ano de 2017.....	18
Tabela 2. Características químicas das áreas em estudo no IFTO no ano de 2017 (profundidade de 0-20).....	24
Tabela 3. Teor de C orgânico (g/kg) no solo sob diferentes usos do solo, em três camadas ¹	25
Tabela 4. Teor de MO orgânico (g/kg) no solo sob diferentes usos do solo, em três camadas ¹	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Ecosistema das pastagens.....	13
2.2	Atividade biológica do solo.....	14
2.3	Protocolo de Kyoto.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1	Caracterização da área experimental.....	16
3.2	Atividade microbiana por meio das emissões de CO ₂ liberado do solo	17
3.3	Determinações dos teores de carbono e matéria orgânica do solo.....	19
3.4	Temperatura do solo.....	21
3.5	Análises Estatísticas.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
6	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

As alterações antrópicas vêm causando impactos sobre a fertilidade dos ecossistemas naturais, alterando a atividade microbiana e consequentemente, a ciclagem de nutrientes. O emprego de métodos de avaliação das variáveis físicas, químicas, sobretudo biológicas tem se indicado eficiente para compreender os ecossistemas e os sistemas de manejo (PORTILHO et al., 2011).

O dióxido de carbono (CO_2) produzido é a soma total de todas as atividades metabólicas e tem o desígnio de monitorar os ecossistemas e distúrbios de áreas degradadas (ARAUJO et al., 2011).

Uma das formas de diagnosticar essas alterações é por meio da mensuração de emissões de CO_2 do solo para a atmosfera, uma vez que estas variam em função de fatores como atividade microbiana e radicular do solo, disponibilidade de carbono orgânico e, também, da umidade do solo (SOUTO et al., 2004).

A importância de diminuir as emissões reside no fato de que a reversão do CO_2 lançado na atmosfera é muito lenta, pois ele tem uma longa vida neste ambiente. Uma vez aumentado certo número de moléculas de CO_2 no ar, levará mais de 120 anos para a natureza reduzi-lo à metade. Logo, se pararem as emissões agora, o que é irreal, continuará o aquecimento por mais de um século (ROSA, 2007).

Para que a utilização da Matéria orgânica do solo (MOS) como indicadora da qualidade do solo seja benéfica na identificação das formas de manejo mais sustentáveis, é indispensável conhecer com detalhe os mecanismos de aporte de carbono ao solo e a sua dinâmica.

O objetivo com esse trabalho foi mensurar as emissões de CO_2 em áreas de pastagens submetidas a diferentes sistemas de manejo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ecossistema das pastagens

Os sistemas agrícolas que agregam a monocultura ao uso de equipamentos impróprios de preparo do solo resultam em rápida degradação do solo. O mesmo incide quando se faz uso de pastagens constituídas de forrageiras exigentes em fertilidade, num regime extensivo de pastejo, onde não se faz a correção e adubação do solo. Dessa forma, áreas com pastagens extensivas têm empregado como opção, forrageiras mais rústicas, como as do gênero *Brachiaria* (MOREIRA et al., 2005).

As pastagens, base da produção animal no Brasil, formam um dos maiores e mais importantes agroecossistemas do país. O funcionamento deste ecossistema é caracterizado por fluxos de energia (radiação, calor) e de massa (CO_2 , H_2O , N, minerais) entre as plantas de uma população, o solo e a atmosfera, constituintes pelos diferentes processos fisiológicos de captação de energia e nutrientes (SILVA et al. 2008).

Em áreas de Cerrado, ainda há a possibilidade de sistemas específicos, como as pastagens e o plantio direto, aumentarem os teores de C orgânico, contribuindo para o sequestro do C atmosférico, ao contrário dos sistemas convencionais, com revolvimento sistemático do solo, que tendem a agir em sentido oposto (CORAZZA et al., 1999).

Em comparação aos solos expostos ou outros sistemas de plantio, quando manejadas corretamente, as pastagens, além de produzirem alimento, destacam-se pela alta eficácia em armazenar carbono no solo (sequestro do carbono atmosférico), ciclar nutrientes, controlar erosão, filtrar poluentes, dentre muitas outras funções (SCHACHT; REECE, 2009).

Avaliações recentes têm sugerido que pelo menos a metade das áreas de pastagens em regiões ecologicamente importantes, como a Amazônia e o Brasil Central, encontram-se em degradação ou degradada (DIAS-FILHO 2006).

2.2 Atividade biológica do solo

A taxa de respiração do solo é considerada um indicador de atividade microbiológica do solo, logo, a produção do CO₂ dentro do solo é considerada um processo bioquímico e contesta fortemente às variações de temperatura e umidade, bem como, a idade da matéria orgânica, e a disponibilidade da água para as reações bioquímicas proeminentes. (JUNIOR, 2007; SUBKE et al. 2004; FANG, MONCRIEFF, 2001).

A concepção da dinâmica da MOS proporciona o entendimento dos métodos de decomposição e deposição do carbono e nutrientes no solo. Devido à atividade biológica o solo passa a conter carbono e nitrogênio, dois importantes elementos não existentes em sua origem, fazendo com que a matéria orgânica se configure como uma importante fonte desses elementos (BALBINOT, 2009).

As técnicas agrícolas podem colaborar para prejudicar, manter ou aprimorar os indicadores de qualidade edáfica. O uso de agrotóxicos, por exemplo, tende a danificar o equilíbrio biológico do solo ocasionando extinção de espécies e perda de diversidade (PRIETO-BENÍTEZ; MÉNDEZ, 2011).

A liberação de C-CO₂ pelos microrganismos (respiração basal) e por estes junto a invertebrados e raízes de plantas (respiração edáfica) são os principais indicadores da atividade biológica do solo. Além destes, a biomassa microbiana, que representa a parte viva da matéria orgânica do solo eliminadas raízes e animais maiores do que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, compõe-se em importante agente regulador do processo de decomposição de resíduos orgânicos e ciclagem de nutrientes (HUNGRIA et al., 2009).

A matéria orgânica do solo, embora ocupe em média apenas 5% do volume total do solo, tem influência definida sobre várias propriedades importantes dos solos – CTC, densidade aparente e agregação (BRADY, 1984). No solo, o C se deposita, especialmente, na forma de húmus, que tem por acepção a matéria orgânica estabilizada, também chamada de substância húmica (CERRI et al., 1992).

2.3 Protocolo de Kyoto

O documento, designado de Protocolo de Kyoto foi confirmado e lista os seis Gases de Efeito Estufa (GEE) que, por serem os mais importantes relacionados

a atividades humanas, terão finalidades quantificadas de redução de emissões. Estes compromissos quantificados foram postos de forma diferenciada e estão compreendidos em um intervalo que varia entre uma redução de 8% e um aumento de 10% das emissões (PEREIRA; MAY; 2003, p.228).

Apenas o Ministério do Desenvolvimento Limpo tem aprovado a participação de países em desenvolvimento na geração de crédito de carbono. O Brasil faz parte destas nações e é considerado privilegiado no cenário mundial em termos de alta produtividade em assimilação de CO₂, pois é um país localizado na região tropical possuidor das maiores reservas do mundo em biodiversidade vegetal, o que consente escolher espécies arbóreas mais adequadas para estocagem de CO₂ (HOSOKAWA, 2004; RIBEIRO et al., 2010).

O objetivo final da diminuição das emissões pode ser atingido, assim, por meio da implementação de atividades de projetos nos países em desenvolvimento que resultem na redução das emissões de Gases de Efeito Estufa ou no aumento da remoção de CO₂, mediante aquisições de tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento, entre outros (LOPES, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos de temperatura máxima, mínima, média e umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) obtidos por meio da estação automática A044 – Araguatins do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estão representados nos Figura 1 e 2 respectivamente.

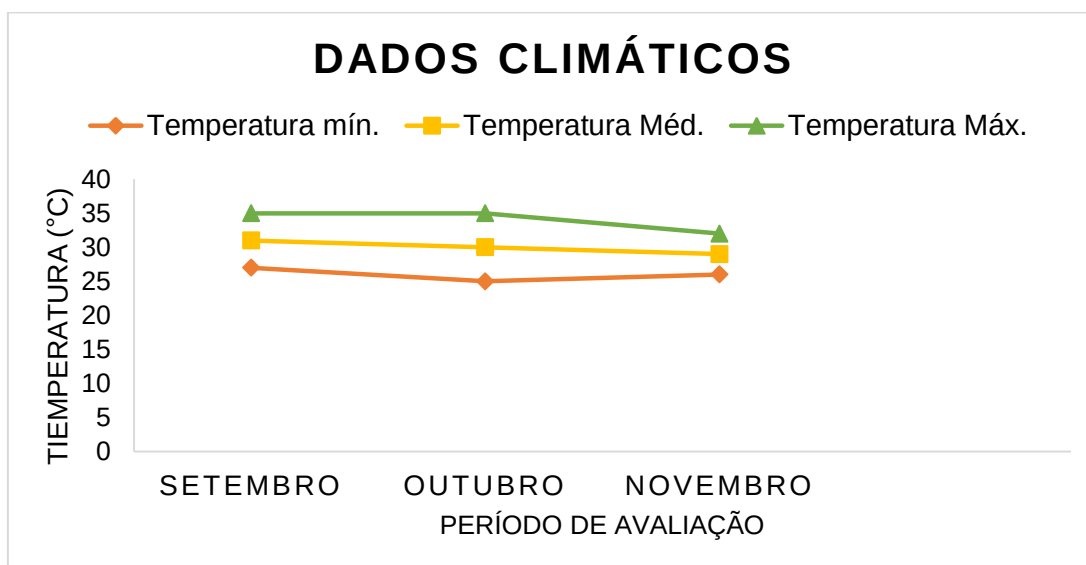


Figura 1. Dados de temperatura máxima, mínima e média do período de setembro a novembro de 2017. Fonte: INMET, 2018.

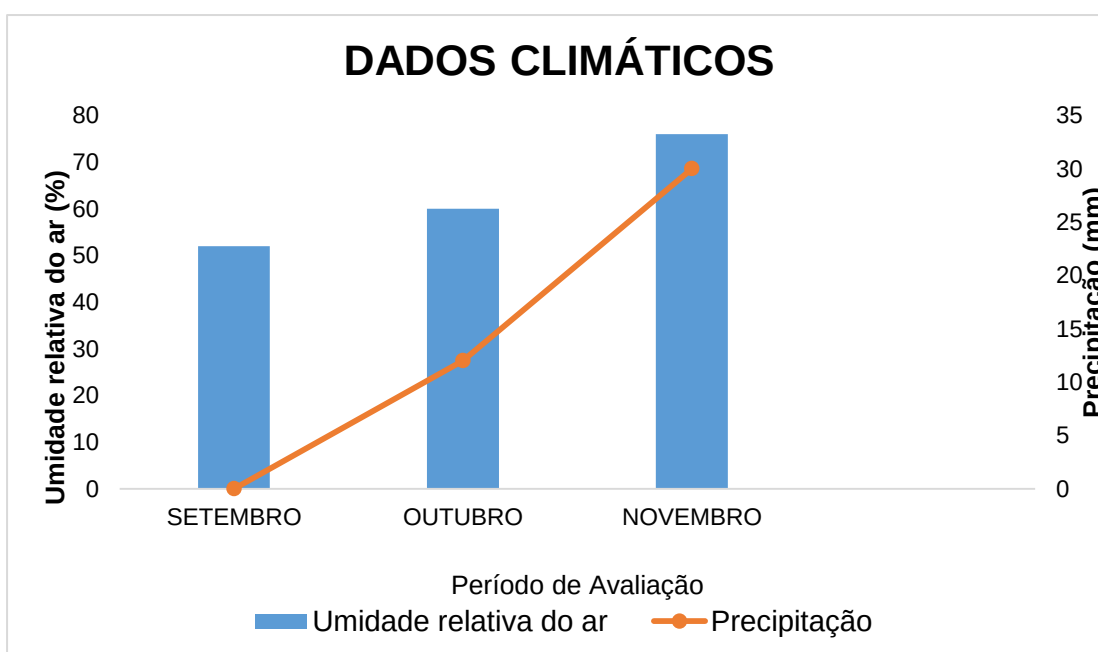


Figura 2. Dados de umidade relativa do ar e precipitação do período de setembro a novembro de 2017. Fonte: INMET, 2018

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em uma área pertencente ao IFTO – *Campus Araguatins*, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 5° 39'04" (S) e longitude 48° 07'28" (W) e altitude aproximadamente de 103 m. A temperatura média anual é de 28°C e precipitação média anual de 1500 mm, com estação chuvosa ocorrendo de dezembro a maio e estação seca de junho a novembro.

Foram estudadas duas áreas de pastagens, uma denominada área recuperada, com pastagem produtiva de *Panicum maximum* cv. Mombaça do Projeto Balde Cheio. O projeto balde cheio foi inserido no *Campus Araguatins* do Instituto Federal do Tocantins em parceria com o SEBRAE (Serviço de Apoio às Micros e Pequenas Empresas), e sociedade com a Embrapa Sudeste. O Módulo foi implantado em 17/11/2008, com a participação da comunidade escolar e de produtores localizados na Mesorregião do Bico do Papagaio (DA SILVA et al. 2012).

A área denominada área degradada, também com pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça, passou a ser usada no manejo de grupos heterogêneos de animais (bovinos e equinos) do IFTO, sem um controle rigoroso de manejo. Nesse último período, não foram efetivadas adubações de manutenção e comumente a área era superpastejada.

Pelos atributos apresentados nos últimos anos de uso, como baixa produção de forragem, alta presença de plantas invasoras e de solo descoberto, e por observação visual do pasto, esta pastagem foi considerada degradada. Foi utilizada ainda uma área de mata nativa como indicador.

Para caracterização da área, realizou-se a coleta de solo na profundidade de 0-20 cm, com trado de amostragem. Após as coletas todas as amostras foram secas ao ar e peneiradas em peneira de malha de 2,0 mm e então obtidas amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) no laboratório de solos do IFTO.

Tabela 1.Características físicas das áreas em estudo.

Amostra	Areia	Argila	Silte	Classificação Textural	Tipo de solo
	%				
MN	24,12	42,31	33,57	Argilosa	Tipo 3
PR	37,44	28,99	33,57	Franco-Argilosa	Tipo 2
PD	37,44	35,63	26,93	Franco-Argilosa	Tipo 3

3.2 Determinação da atividade microbiana por meio das emissões de CO₂ liberado do solo

Para estimativa da atividade microbiana, foi utilizado o método descrito por Grisi (1978), onde o CO₂ liberado por uma área do solo foi capturado por uma solução de KOH 0,5 N e, sua dosagem obtida por titulação com HCl 0,1 N. Para captação do CO₂ desprendido do solo, foi utilizado 10 ml de solução de KOH 0,5 N em recipientes plásticos e distribuídos em quatro recipientes para cada área estudada. Em cada período de observação foi mantido um recipiente com solução, hermeticamente fechado, utilizado como controle, que permaneceu no laboratório.

As áreas de solo utilizadas em cada medição do CO₂ foram previamente limpas dos detritos orgânicos e da vegetação rasteira para colocação dos recipientes com a solução, já que estes podiam mascarar as avaliações. Esses recipientes, depois de destampados, foram cobertos imediatamente com baldes plásticos com capacidade para 6 litros. O balde com altura de 25,5 cm, diâmetro de 28 cm, cobre uma área de 615 cm².

As bordas dos baldes foram enterradas cerca de 3,0 cm no solo, de forma a permanecer em contato apenas com o ar proveniente do solo. Desta forma, o CO₂ liberado no sistema foi captado pela solução alcalina de hidróxido de potássio 0,5 N, de modo a estabelecer um sistema de equilíbrio ácido-base, no qual predominam os íons OH⁻ e CO₃²⁻.

Após o período de avaliação de 12 horas, no período noturno (18 h às 06 h) no período diurno (06 h às 18 h). Os recipientes com a solução foram transportados hermeticamente fechados para o Laboratório de Solo do IFTO – Campus Araguatins, para evitar as trocas gasosas com o meio.

Em seguida foram titulados com HCl 0,1 N. Foram utilizados como indicadores a fenolftaleína e o alaranjado de metila 1% (Figura 3), preparados seguindo metodologia utilizada por Morita e Assumpção (1993). O frasco controle também passou por todo processo durante todas as etapas do ensaio.

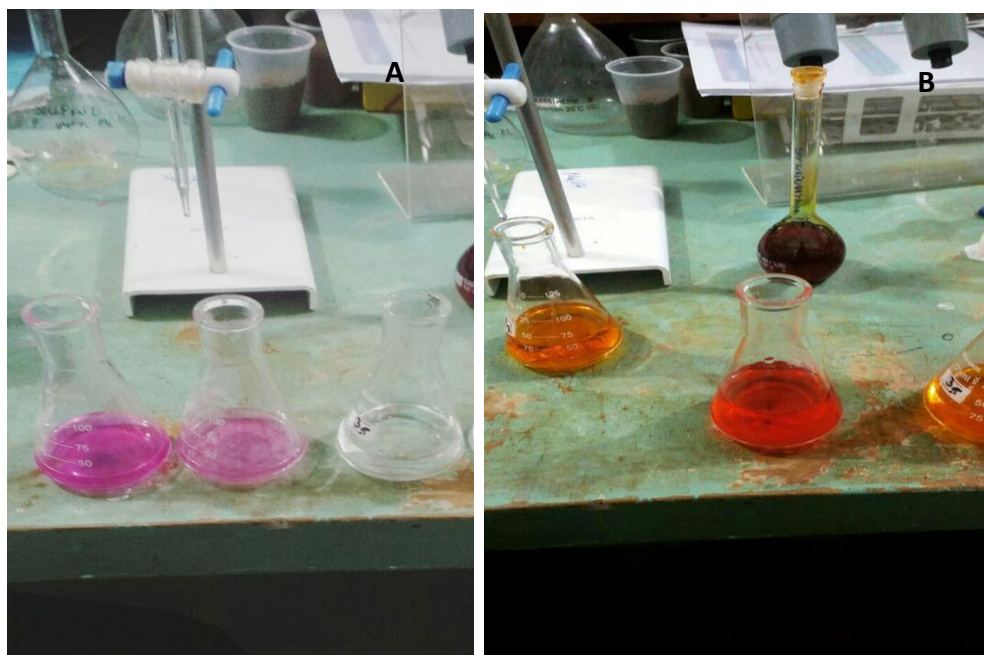


Figura 3- Processo de titulação, utilizando o indicador fenolftaleína (A), titulação com alaranjado de metila (B).

A massa de CO₂ desprendida por unidade de área e tempo foi obtida considerando a massa total desprendida no período de permanência na área (obtida por titulação) e a área do balde. Para tanto, foi utilizada a seguinte equação:

$$M_{CO_2} = \frac{[352 \times (DV_A - DV_C) \times N_B \times N_A / 3 \times P \times A_B]}{10^4} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

M_{CO_2} = massa de CO₂ em mg m⁻² h⁻¹

DV_A = diferença de volume de HCl gasto na primeira e segunda etapa da titulação da amostra (ml).

DV_C = diferença de volume de HCl gasto na primeira e segunda etapa da titulação do controle (ml).

N_A = concentração de HCl, em n-eq/L.

N_B = concentração de KOH, em n-eq/L.

P = período de permanência da amostra no solo (horas)

$B = \text{área de abrangência do balde (cm}^2\text{)}$

3.3 Determinações dos teores de carbono e matéria orgânica do solo

Foram coletadas amostras de solo para determinações dos teores de carbono (C) e matéria orgânica (MO) (g kg^{-1}) do solo nas profundidades de 0-10 cm, 11-20 cm, 21-30 cm, nos mesmos pontos onde foram avaliadas as demais variáveis. As amostras de solo foram coletadas com o auxílio de um trado e uma cavadeira e acondicionadas em sacos plásticos etiquetados.

Em seguida, foram distribuídas em bandejas para secarem a sombra e ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha 2 mm (TFSA). Posteriormente, foram pesados 0,5 g de solo, inserido em erlenmeyer de 250 ml e adicionados 10 ml da solução de dicromato de potássio 0,4 N. Foi inserido funil de vidro na boca do erlenmeyer, funcionando como condensador.

Depois, o erlenmeyer foi levado à placa elétrica para o aquecimento em fervura branda, durante cinco minutos (Figura 2A). Depois de frio, foram adicionados 80 ml de água destilada, 2 ml de ácido ortofosfórico e utilizado 3 gotas de difenilamina como indicador, sendo anotado o volume gasto na titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N até que a cor preta mudasse para a cor verde (Figura 4). Também foi feita uma prova em branco com 10 ml da solução de dicromato de potássio 0,4 N (EMBRAPA, 1997).



Figura 4- Erlenmeyer com solução de dicromato de potássio e solo em placa elétrica (A) e processo de titulação (B).

A quantidade de carbono orgânico (C) do solo foi dada pela equação:

$$\text{TFSA} = 0,06 \times V (40 - V_a \times f) \text{ em g Kg}^{-1} \text{ (2)}$$

Em que:

TFSA = Terra Fina Seca ao Ar;

V = Volume de dicromato de potássio empregado (10 ml);

V_a = Volume de sulfato ferroso amoniacal que foi gasto na titulação da amostra;

f = 40/volume de sulfato ferroso amoniacal que foi gasto na titulação do branco;

0,06 = Fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas.

A matéria orgânica (MO) das amostras de solo foi calculada por meio da equação:

$$\text{MO} = C \times 1,724 \text{ em g Kg}^{-1} \text{ (3)}$$

Em que:

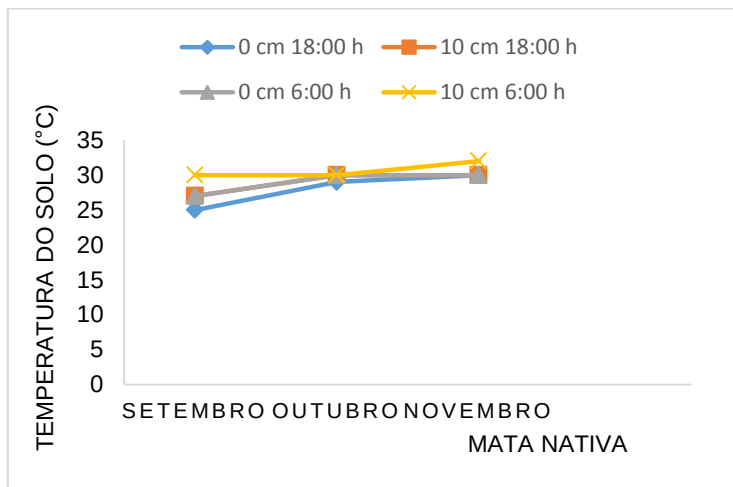
MO = Matéria orgânica do solo;

C = Carbono orgânico;

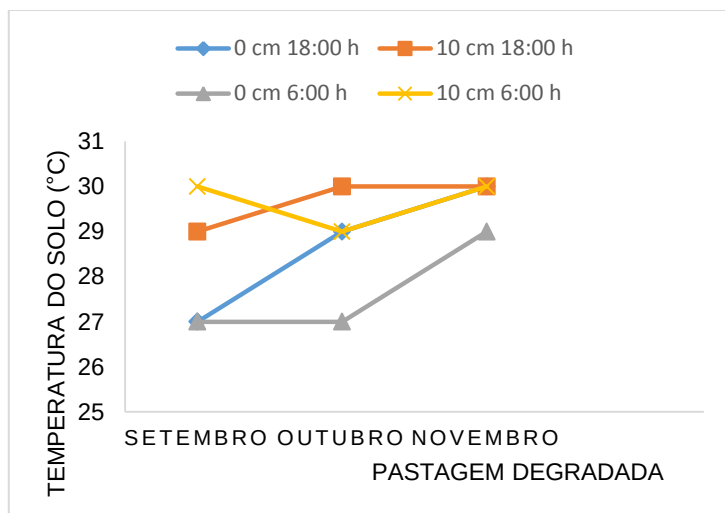
1,724 = Fator utilizado por se admitir que na composição média do húmus, o carbono participa com 58%.

3.4 TEMPERATURA DO SOLO

A temperatura do solo foi medida na superfície do solo a (0 cm) e a 10 cm de profundidade com auxílio de termômetro digital, com medições representando os turnos: diurno às 18:00 horas e noturno às 06:00 horas nos tratamentos: MN: Mata nativa, PR: Pastagem recuperada, PD: Pastagem degradada, encontram-se na (Figura 5).



A



B

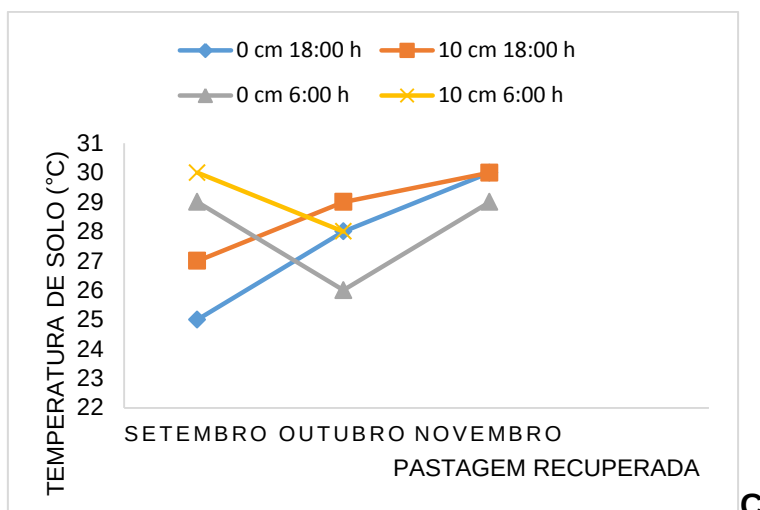


Figura 5. Dados de temperatura coletados mensalmente durante três meses na superfície 0 cm e a 10 cm de profundidade no solo às 06:00 horas e às 18:00 horas nos tratamentos descritos.

3.5 Análises Estatísticas e Delineamento estatístico

Para a análise estatística, fez-se uso de um delineamento experimental em blocos casualizados. Para efeito da verificação de possíveis diferenças entre os usos das pastagens no solo, os dados foram analisados em esquema de parcelas subdivididas: os tratamentos principais foram constituídos por três manejos do solo, e o tratamento secundário, por três profundidades de amostragens (PIMENTEL GOMES, 1966).

Utilizaram-se quatro repetições para cada tratamento e foram coletadas 20 amostras simples nas profundidades de 0-10, 11-20 e 21-30 cm. Estas foram reunidas por profundidade, formando uma amostra composta por parcela. Logo, quatro amostras compostas para cada tratamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A soma de bases (S) em valores absolutos foi superior no solo que não sofreu influência antrópica, no caso a área de mata, com valor 21,43 $\text{cmol}_c.\text{dm}^3$. A capacidade de troca de cátions (T) em valores absolutos foi também maior na área de mata com valor de 23,24 $\text{cmol}_c.\text{dm}^3$ (Tabela 2), e a menor foi no solo de pastagem degradada, com valor de 11,06 $\text{cmol}_c.\text{dm}^3$.

Tabela 2: Características químicas das áreas em estudo do IFTO no ano de 2017 (profundidade de 0- 20).

Amostra	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V%	M.O
		mg/dm^3						$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$			%
MN	6,7	26,40	637	14	5,8	0,0	1,82	21,4	23,24	92,19	4,32
PR	5,5	7,92	288	6,5	3,3	0,0	3,47	10,5	14,00	75,25	2,62
PD	5,6	25,08	245	4,2	3,1	0,0	3,14	7,93	11,06	71,66	3,06

Notas: pH - resultados em água destilada g/100 cm^3 de terra; P – Fósforo extraído do solo através de Mellich trocadora de íons (equivale a mg/dm^3); Ca – cálcio trocável; Mg – Magnésio trocável; H+Al – Hidrogênio + alumínio ou acidez potencial; S – Soma das bases ou Ca+Mg+K; T – Capacidade de troca de cátions ou S+H+Al; V – porcentagem de saturação de bases ou $V = 100 \text{ S/T}$.

Dos três solos usados, todos apresentaram caráter eutrófico, com valores da saturação por bases (V) superiores a 50%. O solo da mata apresentou maior teor de matéria orgânica, sendo que os dois solos que sofreram maior interferência antrópica por meio da substituição de sua cobertura vegetal apresentaram menores valores de matéria orgânica. Os valores adquiridos para essas características evidenciam a interferência antrópica nas características químicas dos solos.

O teor de C orgânico foi afetado de modo expressivo pelo tipo de uso de solo e pela profundidade de amostragem (Tabela 3). De modo geral, os teores de C tenderam a ser menores nas camadas mais profundas, fato considerado normal, uma vez que os máximos aportes de matéria orgânica são observados nas camadas superficiais.

Na camada de 0 a 10 cm, houve diferença significativa apenas no tratamento MN com altos valores de C e matéria orgânica, que apresentaram valores de 44,03 e 75,91 g kg^{-1} , respectivamente. Nas outras camadas não houve diferença significativa.

Esse estudo corroborou com o trabalho de Rosa et al., (2003) que diz que a mudança de mata nativa pelo cultivo agrícola, quando se retira parcialmente e/ou

por completo a cobertura do solo, tem como consequência a redução dos teores de carbono orgânico.

Segundo Stevenson (1982), a diminuição do teor de matéria orgânica no solo sob plantio não se deve somente à redução da quantidade de resíduos acumulados, mas também ao aumento da atividade microbiana, causada por melhores condições de aeração, temperaturas mais elevadas e alternâncias mais frequentes de umedecimento e secagem do solo.

Os resultados das mudanças do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da MO sob cultivos itinerantes ou pastagens ainda não são bem abrangidos, embora signifiquem reconhecidamente úteis para a fertilidade do solo e além disso, o manejo apropriado pode ser visto como um causador da sustentabilidade da agricultura nos trópicos (CERRI et al., 1985).

O teor de carbono orgânico no solo em distintos sistemas fornece dados importantes para a avaliação da qualidade do solo. Existe interesse cada vez maior na identificação dos sistemas de manejo de culturas e pastagens que promovam o aumento do estoque de carbono no solo (FREITAS et al., 2000).

Tabela 3. Teor de C orgânico (g/kg) no solo sob diferentes usos do solo, em três camadas¹.

Tratamento ²	CO (g kg ⁻¹)		
	0-10	11-20	21-30
MN	44,03 Aa	34,51 Bb	29,32 Bb
PR	27,23 Bb	24,24 Bb	21,54 Bb
PD	20,85 Bb	19,83 Bb	19,44 Bb

¹ Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; coeficiente de variação para tratamentos: 9,13; coeficiente de variação para profundidade: 21,96 ² MN: mata nativa; PR: pastagem recuperada; PD: pastagem degradada.

Tabela 4. Teor de MO orgânico (g/kg) no solo sob diferentes usos do solo, em três camadas¹.

Tratamento	MO (g kg ⁻¹)		
	0-10	11-20	21-30
MN	75,91 Aa	59,49 Bb	50,54 Bb
PR	46,94 Bb	41,79 Bb	37,14 Bb
PD	35,95 Bb	34,19 Bb	33,52 Bb

¹ Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; coeficiente de variação para tratamentos: 15,39;

coeficiente de variação para profundidade: 32,09 ² MN: mata nativa; PR: pastagem recuperada; PD: pastagem degradada.

Os dados de temperatura estão representados na (Figura 5) nos tratamentos: Mata nativa, Pastagem recuperada, Pastagem degradada respectivamente. Quanto a temperatura, geralmente as maiores temperaturas durante os três meses de avaliação foram observadas nas camadas a 10 cm de profundidade do solo representada pelas coletas feitas as 6:00 horas.

As emissões de CO₂ mg⁻² h⁻¹ mensuradas durante o mês de setembro diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre os tratamentos no período diurno, os outros meses foram estatisticamente iguais, como representado no (Figura 6).

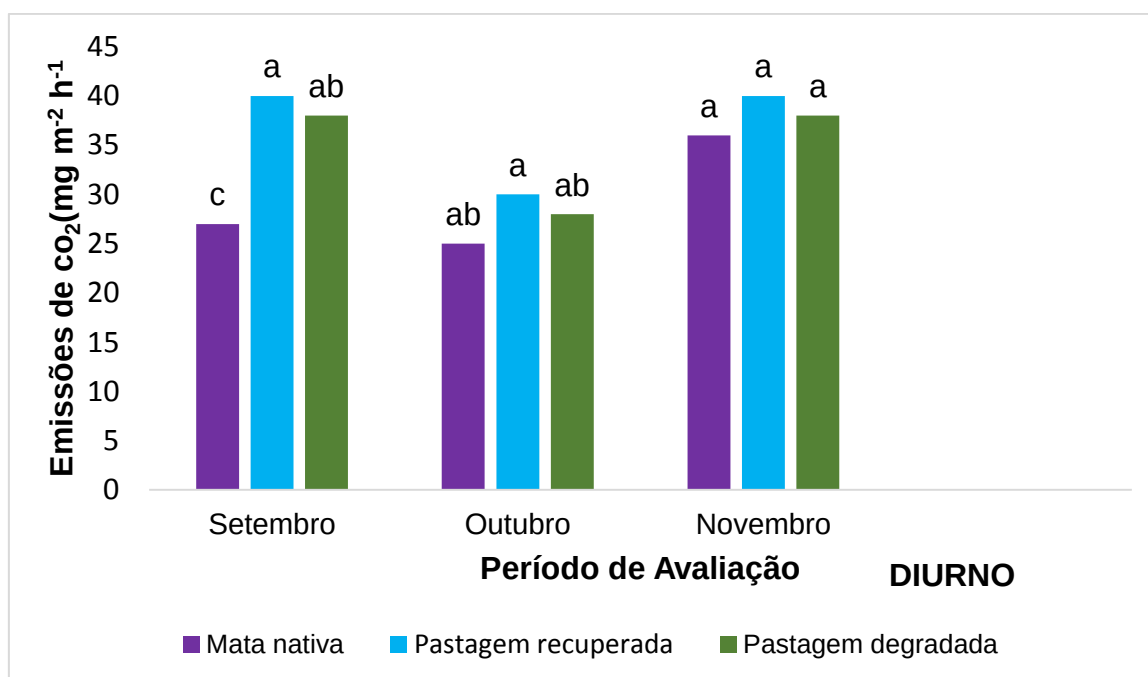


Figura 6. Teores de emissões de CO₂ coletados durante três meses no período diurno em todos os tratamentos descritos. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Aferindo as emissões do turno diurno (Figura 6), no mês de setembro observa-se que os tratamentos pastagem recuperada e degradada diferiram estatisticamente da mata nativa, sendo as pastagens emitindo mais CO₂. Houve tendência de máximas perdas nos horários mais quentes e nos locais onde a penetração dos raios solares foi facilitada pela presença de clareiras, conforme ocorreu nas áreas de pastagens, que são mais antropizadas das três áreas.

Nesse caso, a falta de cobertura do solo, ao permitir a incidência direta de raios solares, aumenta a temperatura do solo, ativando a atividade microbiana, confirmada pelo aumento da emissão de CO₂ do solo para a atmosfera (COSTA et al., 2008).

PARKIN et al. (1997) relataram que a interpretação dos resultados da atividade biológica deve ser feita com discernimento, uma vez que altos valores de respiração nem sempre sugerem condições almejavéis: uma alta taxa de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e, em longo prazo, perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera.

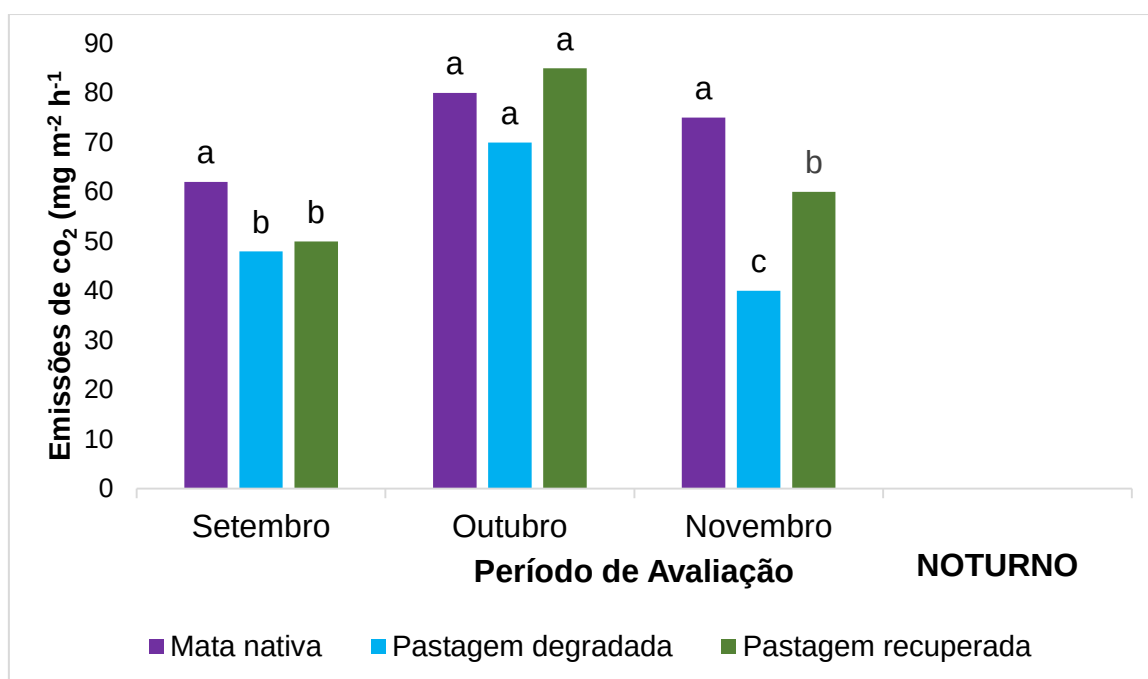


Figura 7. Teores de emissões de CO₂ coletados durante três meses no período noturno em todos os tratamentos descritos. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A respiração edáfica pode ser usada para documentar alterações na dinâmica do carbono do solo em áreas que sofreram desmatamento para implantação de culturas (FEIGL et al., 1995).

Para (CALGARO et al., 2008), a atividade microbiana significaria a maneira indireta de avaliação do impacto ambiental, uma vez que acréscimo demasiado da atividade microbiana elevará a taxa de CO₂ liberado para a atmosfera, favorecendo o aquecimento global ou efeito-estufa e amortizando a camada de ozônio (TSAI et al., 1992).

A produção de CO_2 avaliada mensalmente, resultante da atividade microbiana nos turnos diurno e noturno é exibida no (Figura 8). Constatou-se que houve diferença estatística nos turnos avaliados para os três ambientes estudados.

Porém, verificou-se uma maior liberação de CO_2 no período noturno para as três áreas estudadas MN, PR, PD cujos valores foram 72,3, 52,6 e 65,0 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$, respectivamente, quando comparadas às áreas no turno diurno, cujos valores foram 29,3, 36,6 e 34,6 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$, respectivamente (Figura 8).

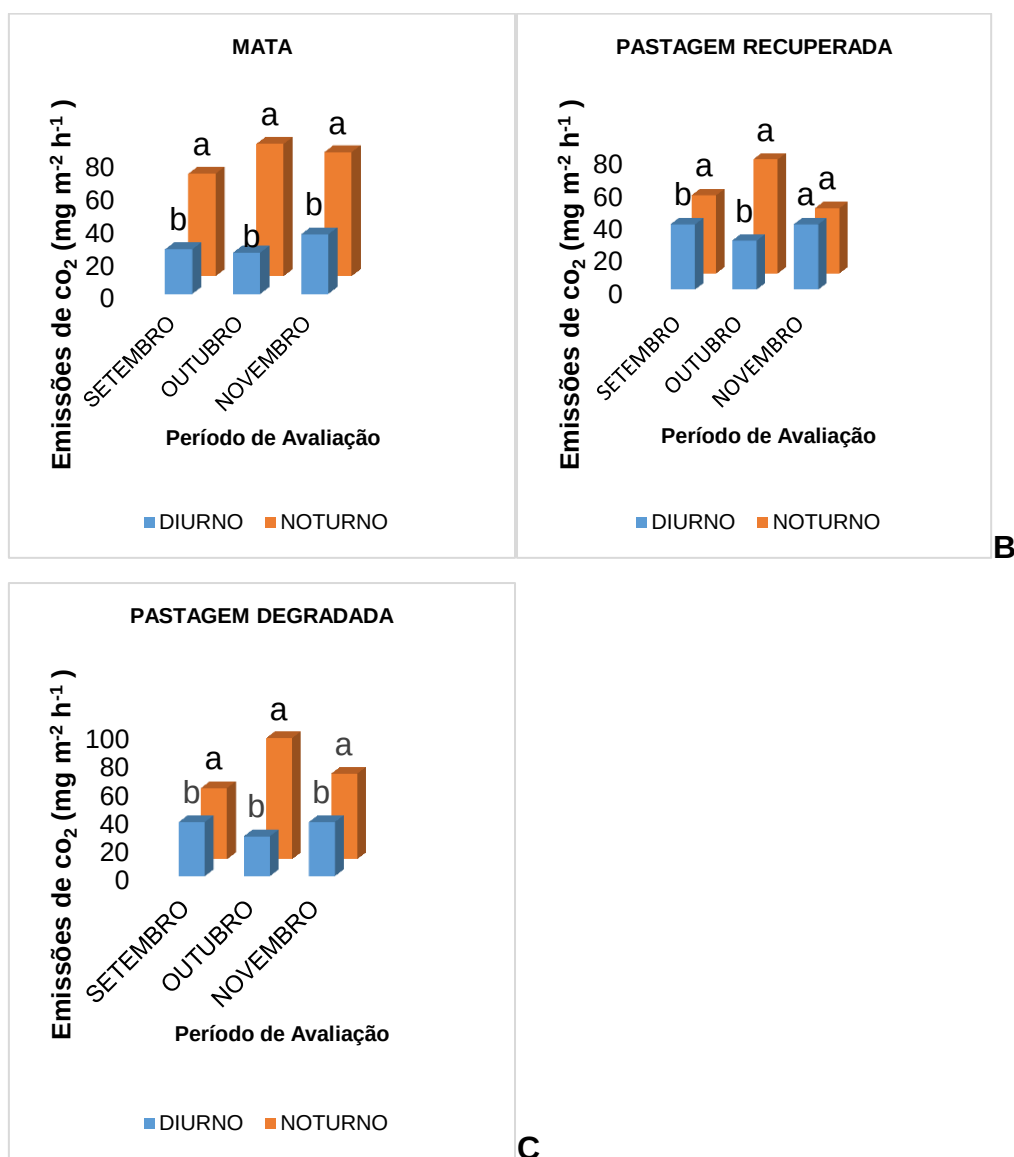


Figura 8. Evolução de CO_2 do solo durante os períodos diurno e noturno, nas áreas mata, pastagem recuperada, pastagem degradada em Araguatins-TO, ano 2017. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Souto et al. (2004) também encontraram maior produção de CO₂ no período noturno, quando conferido com o período diurno e atribuíram este efeito as menores oscilações no período noturno, avalizando melhores condições para os microrganismos do solo.

Estudos têm apontado que a taxa de respiração do solo é um indicativo da atividade microbiana, somando linearmente com a temperatura (BEKKU et al., 2003; SUBKE et al., 2003).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A profundidade exerceu efeito sobre o carbono orgânico e matéria orgânica do solo (maiores valores na camada superficial do solo sob mata nativa em relação às subjacentes).

Teve uma tendência da maior liberação de CO₂ incidir no período noturno nas três áreas avaliadas.

A estimativa da atividade respiratória em campo mostrou-se eficiente, de baixo custo e apresenta-se altamente sensível para a caracterização das condições naturais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEKKU, Y.S.; NAKATSUBO, T.; KUME, A.; ADASHI, M.; KOIZUMI, H. Effect of warming on the temperature dependence of soil respiration rate in arctic, temperate and tropical soils. **Applied Soil Ecology**, Belfield, v. 22, n. 3, p. 205-210, 2003.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.363-375.

CALGARO, H. F. et al. Resíduos orgânicos como condicionante de subsolo degradado e efeitos na atividade microbiana e fertilidade em cultivo de barbatimão. **Revista Árvore**, v.32, n.6, p.1069-1079, 2008.

CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.1-4, 1985.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

CORSI, M. et al. (2001) Impact of grazing management on productivity of tropical grasslands. In: Gomide, J.A.; Mattos, W.R.; Da Silva, S.C. (Ed.). International Grassland Congress, 19. São Pedro, 2001. Proceedings. Piracicaba: FEALQ, p. 801-806.

COSTA, F. S. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.323-332, 2008.

DA SILVA¹, G. F., ABREU, P. C., LOPES, S. R., SANTANA, M. J. C., & DA SILVA, P. H. G. O **Projeto Balde Cheio: estudo de caso no Campus Araguatins-TO**.

DIAS-FILHO, M.B. 2006. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas**. Embrapa Amazônia Oriental. 31p.

DIAS FILHO, M.B.; SERRAO, E.A.S. **Recuperação, melhoramento e manejo de pastagens na região de Paragominas, Pará**. Belém: Embrapa-CPATU, 1982. 24p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 5).

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FEIGL, B.J.; STEUDLER, P.A.; CERRI, C.C. Effects of pasture introduction on soil CO₂ emissions during the dry season in the state of Rondônia, Brazil. *Biogeochemistry*, v.31, p. 1-14, 1995.

FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0.** In... REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000. Anais... São Carlos, SP: SIB, p. 255-258, 2000.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Agropecuária Brasileira Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2000.

GRISI, B. M. Método químico de medição de respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v.30, n.1, p.82-88, 1978.

HOSOKAWA, R. T. Brasil como receptor de investimentos para mitigar o efeito estufa com reflorestamentos ou repovoamentos. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 7, 2004, Brasília. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2004. p. 23.

LOPES, I. V. (Coord.). **O mecanismo de desenvolvimento limpo:** guia de orientação. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002.

MAIA, E. L. **Decomposição de esterco em Luvisolos no semi-árido da Paraíba.** 2002. 37 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) -Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Patos, 2002.

MAY, P. H. et al. **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática.** Rio de Janeiro: Campus, 2003.

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

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Manual de soluções, reagentes e solventes.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1993. 629p.

PARKIN DM, ISCOVICH J (1997) Risk of cancer in migrants and their descendants in Israel: II. Carcinomas and germ-cell tumours. *Int J Cancer* **70**: 654–660

PAULINO, V.T. e TEIXEIRA, E.M.L.C. Sustentabilidade de pastagens – Manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 24, Ed.129, Art. 878, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental.** 3.ed. Piracicaba: USP-ESALQ, 1966. 404p.

RIBEIRO, S. C. et.al. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma capoeira da zona da mata mineira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 495-504, 2010.

ROSA, M. E. C. et al. Formas de carbono em Latossolo Vermelho eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 911-923, 2003.

SCHACHT, W.H.; REECE, P.E. Impact of livestock grazing on extensively managed grazing lands. In: MCDOWELL, R. W. (Ed.). **Environmental impacts of pasturebased farming**. Oxfordshire: CABI, 2009. p. 122-143.

SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p.541-547, 1994.

SILVA, S.C. DA; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.B.P. 2008. **Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo**. Viçosa: Suprema. 115p.

SOLLENBERGER, L.E. et al. (2002) Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. p. 151– 179. In A.M.V. Batista et al. (ed.) Reunião Anual da Soc. Bras. Zootecnia. 30 July–2 Aug. 2002. SBZ, Recife, Pernambuco, Brazil.

SPAIN, J. M., GUALDRÓN, R. Degradación y rehabilitación de pasturas. In: LASCANO, C.E.; SPAIN, J.M. (Eds.). **Establecimiento y renovación de pasturas**. Cali: CIAT. 1991. 269-283.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry, genesis, composition, reaction. New York, John Wiley & Sons, 1982. 443p.

SUBKE, J. A.; REICHSTEIN, M.; TENHUNEM, J.D. Explaining temporal variation in soil efflux in a mature spruce forest in Southern Germany. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 35, n.11, p. 1467-1483. 2003.

TOLEDO, J.M.; SERRAO, E.A.S. **Proyecto de investigación em pasturas y ganaderia**. Lima, Perú: Red de Investigación Agroecologica para la Amazonia. 1984. 71p.

TSAI, S. M.; CARDOSO, E. J. B. N.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.