

## AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> DO SOLO EM AMBIENTES DE CAATINGA, EM ALAGOAS

**Geovânia Ricardo dos Santos**

Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, PE, Brasil  
[geovaniaricardos@gmail.com](mailto:geovaniaricardos@gmail.com)

**Kallianna Dantas Araujo**

Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Maceió, AL, Brasil  
[kdaraujo@yahoo.com.br](mailto:kdaraujo@yahoo.com.br)

**Mayara Andrade Souza**

Centro universitário Cesmac, Programa de Pós-Graduação Análise de Sistema Ambiental, Maceió, AL, Brasil  
[mayarandrade@hotmail.com](mailto:mayarandrade@hotmail.com)

**Sinval Autran Mendes Guimarães Júnior**

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Maceió, AL, Brasil  
[sinval.autran@igdema.ufal.br](mailto:sinval.autran@igdema.ufal.br)

### RESUMO

O CO<sub>2</sub> medido do solo é a atividade microbiana provido de diversos processos biogeoquímicos e sua investigação pode responder sobre os fatores associados a condição ambiental na Caatinga. Desse modo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar as emissões de CO<sub>2</sub> do solo em dois ambientes de Caatinga, comparando com os condicionantes ambientais do solo e do clima, no Semiárido de Alagoas. A atividade microbiana foi avaliada pelo CO<sub>2</sub> liberado do solo, onde foi absorvido por uma solução de KOH. Foi instalado pluviômetro para obter índices de precipitação e a leituras de temperatura do solo a 10 cm da superfície. Foram avaliados o conteúdo de água, teores de carbono e matéria orgânica do solo. A maior emissão de CO<sub>2</sub> do solo nas duas áreas avaliadas ocorreram no período noturno, em virtude da temperatura do solo apresentar-se mais amena; A liberação de CO<sub>2</sub> apresenta variável, em decorrência das propriedades do solo, clima e vegetação; O carbono e a matéria orgânica do solo apresentaram valores elevados nas áreas de Caatinga, demonstrando grande atividade biogeoquímica e de ciclagem de nutrientes; Recomenda-se que estudos futuros sobre cinética de CO<sub>2</sub> sejam realizados, de modo a comparar valores e compreender mais a fundo a dinâmica do ambiente.

**Palavras-chave:** Dióxido de carbono. Vegetação seca. Método de respirometria. Propriedades edáficas. Variabilidade Climática.

### ASSESSMENT OF SOIL CO<sub>2</sub> EMISSIONS IN CAATINGA ENVIRONMENTS, IN ALAGOAS, BRAZIL

#### ABSTRACT

The CO<sub>2</sub> measured from the soil is the microbial activity provided by several biogeochemical processes and its investigation can answer about the factors associated with the environmental condition in the Caatinga. Thus, the aim of this study was to assess the soil CO<sub>2</sub> emissions in two Caatinga environments, comparing them with the environmental conditions of the soil and climate, in the Alagoas' Semi-arid. Microbial activity was evaluated through the CO<sub>2</sub> released from the soil, which was soaked up with a KOH solution. A rain gauge was installed to obtain precipitation data, in addition to soil temperature measurements at 10 cm from the surface. The water content, carbon content and soil organic matter were evaluated. The highest emission of CO<sub>2</sub> from the soil in the two evaluated areas occurred at night, due to the milder soil temperature; The release of CO<sub>2</sub> was variable, due to the properties of the soil, climate and vegetation; Soil carbon and organic matter showed high values in the Caatinga areas, demonstrating great biogeochemical and nutrient cycling activity; It is recommended that future studies on CO<sub>2</sub> kinetics be carried out, in order to compare values and better understand the dynamics of this environment.

**Keywords:** Carbon dioxide. Dry vegetation. Respirometry method. Edaphic properties. Climate Variability.

## INTRODUÇÃO

O Semiárido Brasileiro integra 1.427 municípios na região Nordeste, segundo a nova delimitação da SUDENE em 2021. Essa região é caracterizada por uma tipologia de vegetação seca e espinhosa, única no Brasil, que apresenta uma dinâmica singular: adaptação climática, as condições adversas do solo, a variação na fertilidade do solo e das constantes interferências do uso e cobertura da terra. Dada a importância em monitorar os efeitos dos gases que podem contribuir com o desequilíbrio terrestre, investigar as emissões de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) pode oferecer respostas significativas em relação a intervenção antrópicas, aos processos e as relações derivadas nestes ambientes.

A emissão de CO<sub>2</sub> do solo é proveniente da respiração radicular, da atividade microbiana e da decomposição da matéria orgânica do solo (FERREIRA et al., 2018), seus altos valores emanados indicam a capacidade do ambiente sequestrar carbono do solo (GRISI, 1978). Dessarte, ao quantificar-se as emissões de CO<sub>2</sub> do solo pode-se compreender os processos que envolvem a decomposição do carbono e da matéria orgânica (LOURENÇO et al., 2022) bem como, entender a dinâmica da respiração dos microrganismos aeróbicos e anaeróbicos, a respiração das raízes, da fauna edáfica e da oxidação química e outras práticas providas dos distúrbios causados por interferências antrópicas (ALVES et al., 2011).

Os processos envolvidos no solo desempenham papéis importantes na mudança climática global, na medida que, os solos têm o potencial de atuar como um sumidouro de CO<sub>2</sub>, decorrente à grande quantidade de carbono armazenada na matéria orgânica do solo (RAY et al., 2020). De todo o C (carbono) orgânico no solo, uma parte considerável encontra-se na forma de matéria orgânica do solo, este carbono contido está relacionado diretamente ao processo de decomposição da biomassa pelas atividades bacterianas presentes no meio, participando assim do processo de mineralização do carbono orgânico. Dessa forma, alternativas viáveis para solucionar, em parte, a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, destacam-se: conservação de estoques de carbono nos solos, manejo das florestas vegetação nativa em preservação, a implantação de florestas e sistemas agroflorestais e a recuperação de áreas degradadas (BRITO et al., 2018).

Em ambientes onde a cobertura vegetação encontram-se em estado de conservação, o solo é coberto por serapilheira, reduzindo a exposição da superfície do solo à atmosfera e favorecendo gradativamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; os parâmetros climáticos (por exemplo, temperatura e precipitação) e parâmetros hidrológicos (por exemplo, umidade do solo) são responsáveis por caracterizar a variabilidade espacial e temporal das emissões de CO<sub>2</sub>. (RAY et al., 2020).

As pesquisas sobre o desprendimento de CO<sub>2</sub> são importantes na medida que explicam muitos processos que acontecem nos solos dos ambientes em estado de preservação, envolvendo a atividade biológica, material orgânico em decomposição, quantidade de biomassa microbiana e as mudanças na dinâmica do carbono do solo; muitos desses processos são influenciados pelas condições e variabilidade climática, como temperatura e umidade do solo (SOUTO et al., 2009).

Algumas pesquisas conduzidas no Semiárido da Paraíba e de Pernambuco, demonstram a influência da temperatura provocando maior desprendimento de CO<sub>2</sub>, como Santos et al. (2012) e Correia et al. (2009), respectivamente, que em experimento realizado mencionam maiores desprendimento de CO<sub>2</sub> associados à determinados graus de temperatura, valores de conteúdo de água do solo e pela variabilidade climática nas épocas distintas do ano.

Trabalhos de pesquisa voltados a emissão de CO<sub>2</sub> são reduzidos no Semiárido Alagoano, sobretudo comparando-se aos diversos fatores do solo, vegetação e clima. Cabe destacar aqui a importância deste estudo em microescala, contribuindo para decifrar os processos chave dos ambientes. Diante ao que foi elucidado, o objetivo deste trabalho experimental quali-quantitativo foi avaliar as emissões de CO<sub>2</sub> do solo em dois ambientes de Caatinga, comparando como condicionantes ambientes do solo e do clima, no Semiárido de Alagoas.

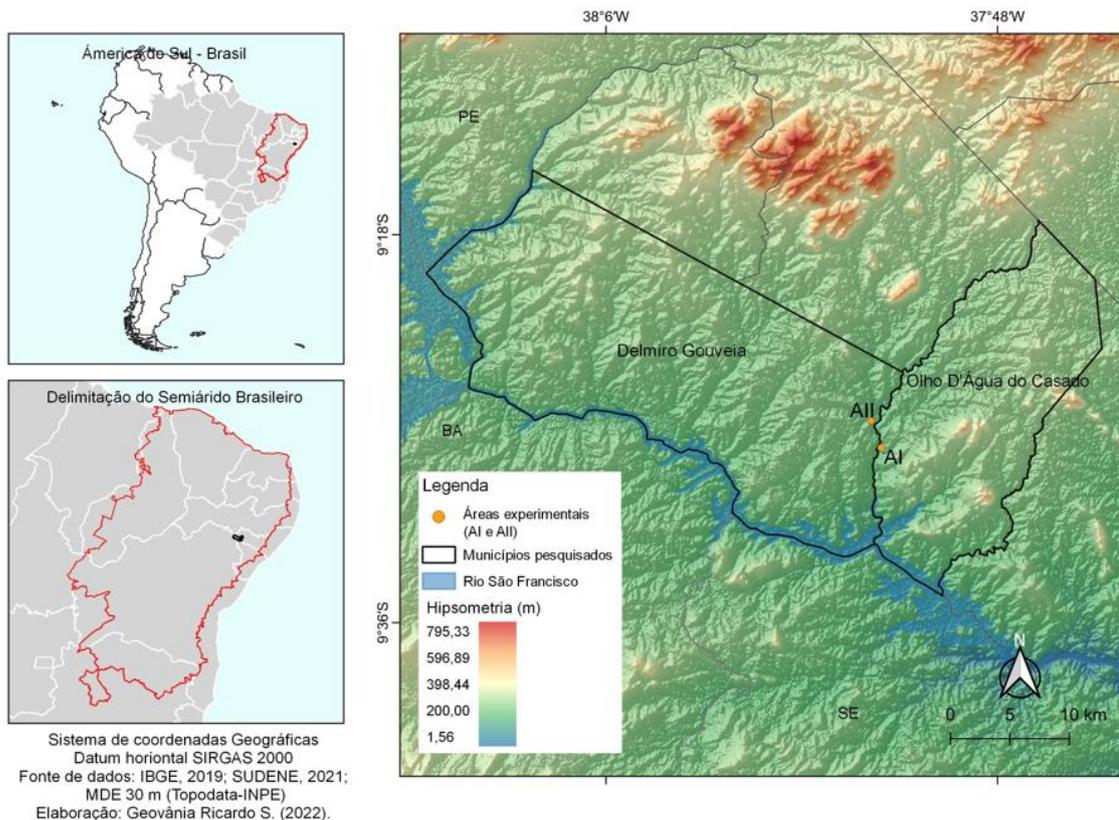
## MATERIAL E MÉTODOS

### *Caracterização físico-geográfica da área de estudo*

As unidades experimentais estão localizadas em áreas de Caatinga, nos municípios de Olho D'Água do Casado e Delmiro Gouveia, estado de Alagoas (Figura 1), que integram a Região Geográfica

Intermediária de Arapiraca e Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, de acordo com a classificação do IBGE (2017).

Figura 1 – Região Semiárida de Alagoas: localização das áreas de estudo (AI) e (AII)



Elaboração – primeira autora, 2022.

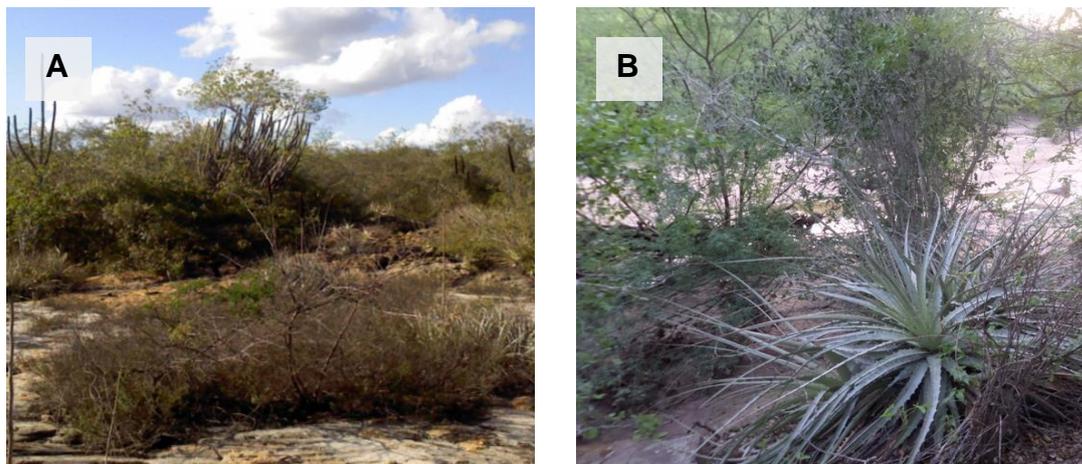
A vegetação predominante da região é a Caatinga Hipoxerófila, tipologia esta que apresenta grau de xerofismo mais acentuado e é constituída por espécies lenhosas, espinhosas, decíduas, caducifólias e xerófilas (EMBRAPA, 2012; JACOMINE et al., 1975). As áreas de estudo estão inseridas na unidade geológica do mesozóicas clastocarbonáticas consolidadas em bacias sedimentar de margens continentais, de superfícies aplainadas retocadas ou degradadas e rochas quartzoarenosas, de textura predominantemente arenosa (CPRM, 2008). Os solos da área pesquisada são constituídos por Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos, constituído de material mineral, pedregoso e pouco material orgânico (EMBRAPA, 2018).

As áreas de estudo estão sob a abrangência regional do clima BSh - Tropical Semiárido, segundo a classificação de Köppen e o bioclima é 3aTh - Nordeste de seca acentuada de verão, com número de meses secos entre sete e oito, de acordo com Gaussen (JACOMINE et al., 1975). As médias históricas de precipitação pluvial e temperatura do ar em Olho D'Água do Casado são 545,6 mm/ano e 25,6 °C, respectivamente, enquanto que em Delmiro Gouveia os valores são de 512,1 mm/ano e 25,5 °C (UFMG, 2021).

### Áreas experimentais

A área experimental em Olho D'água do Casado (Área I) está localizada entre as coordenadas geográficas 09°27'52,65"S e 09°27'56,04"S e entre 37°53'20,41"W e 37°53'21,37"W (Figuras 1 e 2A). A área em Delmiro Gouveia (Área II) está situada entre 09°26'36,63"S e 09°26'41,83"S e entre 37°53'48,57"W e 37°53'47,40"W (Figuras 1 e 2B).

Figura 2 – Fisionomia da Caatinga, na Área I - Olho D'Água do Casado (A) e Área II - Delmiro Gouveia (B)



Fonte – os autores, 2021.

O contexto da área I (Figura 2A) está situado sob a fácies de um lajedo rochoso de arenito, de origem sedimentar da Bacia Tucano-Jatobá, de solo raso e pedregoso, nessas rochas ocorrem diversas espécies florísticas, com características espinhosas e cactáceas, em grande abundância quando comparada com a área II, que se adaptam à esta configuração de microhabitat. A composição da vegetação na sua distribuição é mais fechada em algumas porções e de composição arbóreo-arbustivo.

A área II (Figura 2B) de pesquisa foi inserida no topo de uma encosta. Apesar de apresentar diversos afloramentos rochosos, o solo tem uma característica residual, mais intemperizada, embora seja também raso; a vegetação da Caatinga apresenta porte aberto, de tipologia arbóreo-arbustiva e apresenta diversas espécies cactáceas distribuídas.

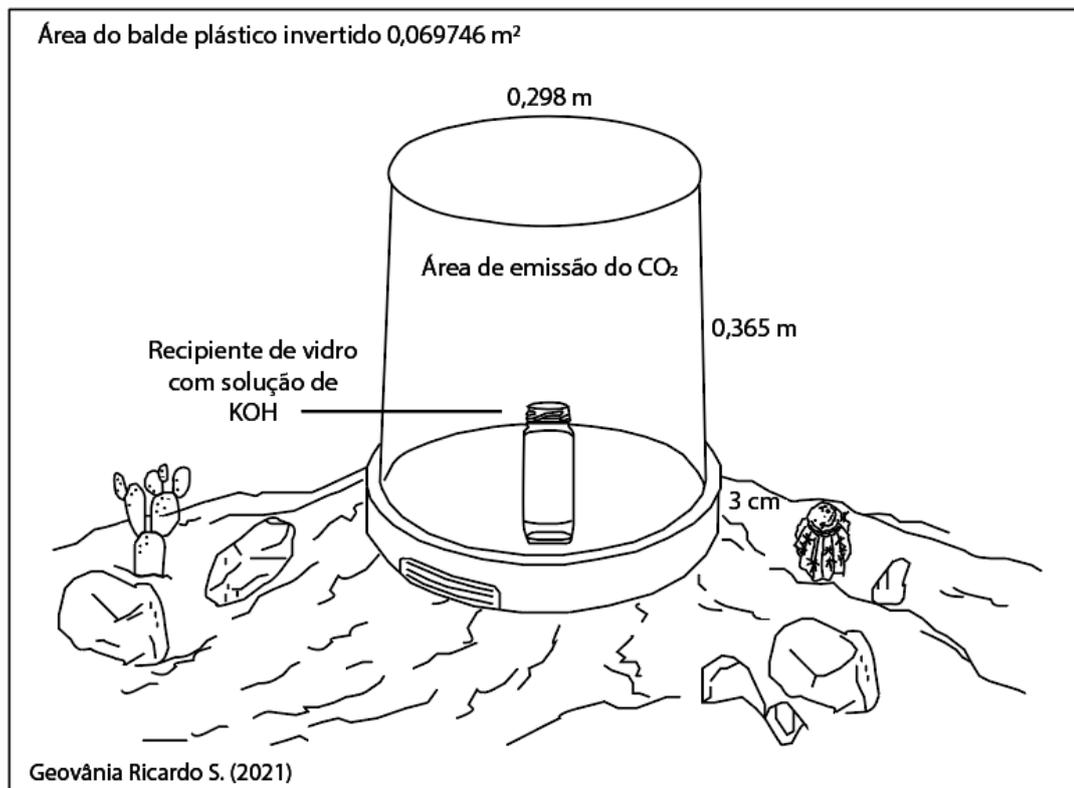
Em cada unidade da fácies avaliada, em Olho d'água do Casado-Área I foi delimitado 1 hectare e em Delmiro Gouveia-Área II, também foi delimitado 1 hectare. Entre as unidades, apresenta-se uma distância de 2,44 quilômetros. A realização dos experimentos ocorreu em virtude do estudo florístico e fitossociológico já realizado por previamente por Souza (2011) na mesma área de estudo. As dez amostragens foram distribuídas em cada unidade delimitada, perfazendo 20 pontos, suficientes para a delimitação amostral.

O monitoramento dos dados ocorreu a cada dois meses (fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e dezembro de 2012). Foram realizadas medições das emissões de CO<sub>2</sub> do solo, determinações dos teores de carbono e matéria orgânica do solo. Além disso, foram realizadas aferições de temperatura do solo a 10 cm da superfície e feitas determinações do conteúdo de água do solo. Também foram mensurados os índices de precipitação pluviométrica da região, com pluviômetro manual modelo Ville de Paris instalado na unidade de estudo.

#### ***Avaliação das emissões de CO<sub>2</sub> liberado do solo***

Para avaliação da atividade microbiana, mediante a quantificação do CO<sub>2</sub> liberado do solo, foram utilizados 20 recipientes de vidro contendo solução de 10 mL de KOH a 0,5 N, que foram rapidamente destampados e cobertos com os baldes plásticos cilíndricos de 22 l, cobrindo uma área de 0,069746 m<sup>2</sup>, referente ao balde (Figura 3) durante os períodos noturno (17 h às 05 h) e diurno (05 h às 17h), perfazendo 12 h de monitoramento em cada período do dia. Os baldes foram enterrados a 3 cm de profundidade no solo, para evitar as trocas gasosas com a atmosfera, e os frascos testemunhos foram mantidos hermeticamente fechados, para posterior titulação, após a medição em campo (GRISI, 1978).

Figura 3 – Esquemática do método de respirometria para medição da atividade microbiana em campo



Elaboração – primeira autora, 2021.

Após 12 horas de permanência no local, os baldes foram retirados e os recipientes de vidros contendo a solução foram rapidamente tampados e levados para titulação. O CO<sub>2</sub> da área monitorada foi absorvido por uma solução de KOH 0,5 N e titulado com HCl 0,1 N. Como indicador, foram utilizados a fenolftaleína e o alaranjado de metila a 1%, conforme Morita e Assumpção (1972).

A determinação da quantidade de CO<sub>2</sub> absorvido durante a permanência das amostras no campo foi dada pela Equações 1 e 2:

$$ACO_2 = (A-B) \times 2 \times 2,2 \text{ em mg}; \quad (1)$$

$$A'ACO_2 = ACO_2 \times (4/3 \times 10.000/h + S) \text{ em mg m}^{-2} \text{ h}^{-1} \quad (2)$$

Em que: ACO<sub>2</sub> e A'ACO<sub>2</sub>-Absorção de CO<sub>2</sub>; A-Diferença em mL, entre a 1ª e 2ª viragem da coloração da amostra; B-Diferença em mL, entre a 1ª e 2ª viragem da coloração da testemunha; x 2-HCl 0,1 N adicionado, titulou apenas metade do carbonato do frasco experimental da amostra; x 2,2 Equivalente-grama do CO<sub>2</sub> = 44/2 = 22 e como se usou HCl 0,1 N (decinormal), esse equivalente tornou-se então 22/10 = 2,2; h-Período de permanência da amostra no solo (12 horas); S-Área de abrangência do balde ((0,069746 m<sup>2</sup>).

#### **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<sup>-1</sup>) do solo nas camadas superficiais, no intervalo de profundidade entre 0 cm e 10 cm da superfície. As amostras de solo foram coletadas com o auxílio de pá de jardinagem e acondicionadas em sacos plásticos etiquetados. Posteriormente, foram distribuídas em bandejas para secarem a sombra e ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha 2 mm, constituindo-se a fração Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).

Em seguida, foram pesados 0,5 g de solo, inseridos 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. Posteriormente, o erlenmeyer foi levado à placa elétrica para o

aquecimento em fervura branda, durante cinco minutos. 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. Também foi feita uma prova em branco com 10 mL da solução de dicromato de potássio 0,4 N (EMBRAPA, 1997).

A quantidade de carbono orgânico (C) do solo foi dada pela Equação 3 (EMBRAPA, 1997):

$$C=0,06 \times V (40 - V_a \times f) \text{ em g Kg}^{-1} \quad (3)$$

Em que: C=Carbono orgânico; V = Volume de dicromato de potássio empregado (10 mL); V<sub>a</sub> = 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.

Posteriormente a matéria orgânica (MO) das amostras de solo foi calculada por meio da Equação 4:

$$MO = C \times 1,724 \text{ em g Kg}^{-1} \quad (4)$$

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%.

#### **Determinação do conteúdo de água do solo**

Foram coletadas amostras de solo para determinação do conteúdo de água do solo (%) utilizando latas de alumínio previamente pesadas individualmente. Posteriormente, as latas com o solo foram pesadas e levadas à estufa a uma temperatura de 105 °C até alcançar peso constante, por um período de 24 horas. Em seguida, foram transferidas para um dessecador até atingir temperatura ambiente e novamente as latas com o solo seco foram pesadas e anotados os respectivos pesos (TEDESCO, VOLKWEISS e BOHNEN, 1995).

A determinação do conteúdo de água do solo (CAS%) foi obtida pela Equação 5:

$$CAS=(P_u-P_s/P_s) \times 100 \quad (5)$$

Em que: CAS= Conteúdo de água do solo; P<sub>u</sub> = Peso do solo úmido; P<sub>s</sub> = Peso do solo seco.

#### **Aferição da temperatura do solo e mensuração da precipitação pluvial**

A temperatura do solo foi obtida por meio de termômetro digital Hanna Instruments do tipo espeto na profundidade de 10 cm da superfície, em consonância com o momento de instalação (17h00), substituição (05h00) e remoção (17h00) dos recipientes de vidro da medição do CO<sub>2</sub>, para comparações dos dados. Também foi realizado monitoramento mensal da precipitação pluvial em mm/dia por meio de pluviômetro Ville de Paris, instalado em cada área estudada.

#### **Análise estatística**

Os dados da atividade microbiana, avaliada pelo CO<sub>2</sub> liberado do solo, precipitação pluvial, temperatura, conteúdo de água do solo, carbono e matéria orgânica do solo, foram analisados pela estatística descritiva e submetidos ao teste de Tukey a 1% de probabilidade, já que este teste demonstra as diferenças e proximidade de resultados entre valores encontrados em unidades experimentais distintas. O *software* estatístico utilizado para a referida análise foi o Assistat (2000), licença gratuita.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

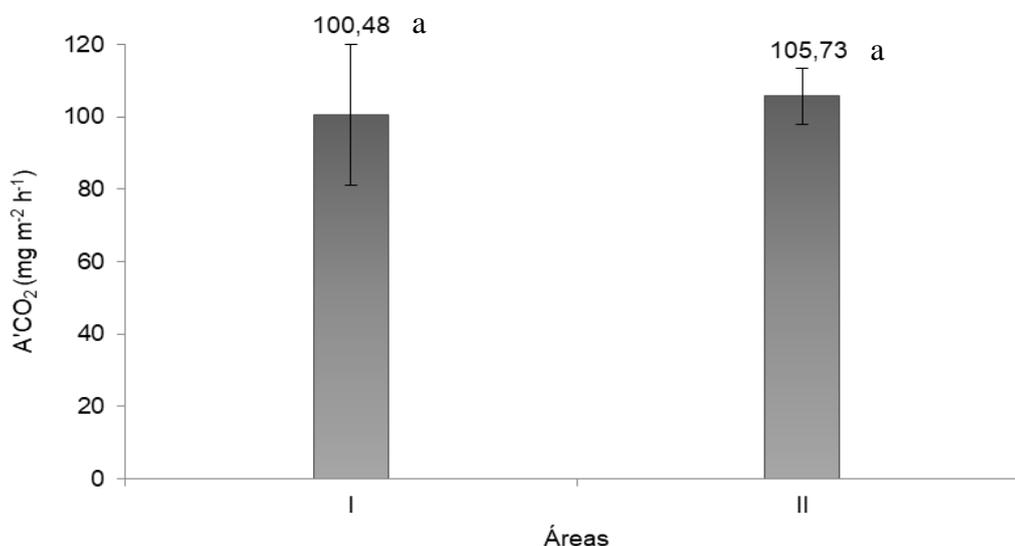
Analisando-se as emissões de CO<sub>2</sub> por meio da atividade microbiana nas áreas de Caatinga estudadas, constatou-se que as duas unidades experimentais apresentaram valores próximos e não apresentaram diferença estatística. Apesar das áreas de Caatinga apresentarem algumas características distintas de microhabitat quanto a configuração da vegetação e da geomorfologia, ambas fazem parte do contexto regional, e este é determinante.

Cabe ressaltar que ambas unidades amostradas estão inseridas no contexto regional geológico-geomorfológico de superfície de pediplanação, com presença de maciços residuais e inselbergues, de acordo com IBGE (2009) e ambos os solos presentes em cada área experimental são compostos de areia franca em sua classificação textural (SOUZA, 2011). Os resultados demonstram assim uma

contribuição ao entendimento das liberações de CO<sub>2</sub> na Caatinga, ainda diminuta na literatura científica.

As médias de desprendimento de CO<sub>2</sub> foram de 100,48 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> na área I e de 105,73 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> na área II (Figura 4). Esses valores de desprendimento vão depender das variadas condições ambientais, incluindo principalmente as características do solo, vegetação e, do uso e cobertura da terra (RAY et al., 2020). Na Caatinga da Paraíba, Araujo et al. (2007) avaliou as perdas de CO<sub>2</sub> em condições de tipo de solo Neossolo lítico e Caatinga hiperxerófila, encontrando-se médias anuais de CO<sub>2</sub> oscilando entre 86,62 e 149,1 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Já em um estudo mais recente, Sousa et al. (2022) em solos do tipo Neossolo flúvico distrófico também no Semiárido da Paraíba, encontrou médias entre 50,00 e 240,00 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, ao longo de 12 meses.

Figura 4 – Média de Desprendimento de CO<sub>2</sub> do solo nas áreas I - Olho D'Água do Casado e II - Delmiro Gouveia. Barras verticais indicam o desvio padrão. Letras semelhantes "a" após valores representam igualdade estatística, pelo teste de Tukey



Elaboração – os autores, 2014.

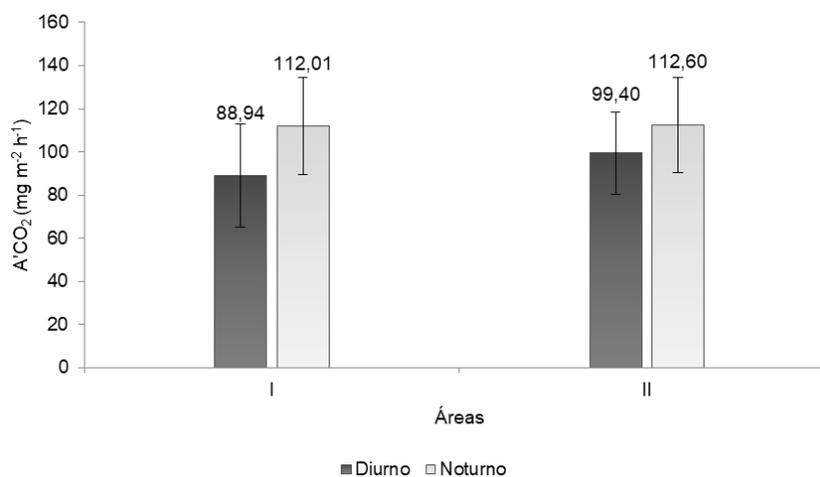
Comparando-se os períodos de avaliação constatou-se que o desprendimento de CO<sub>2</sub> foi maior no período noturno (entre as 17h00 e 05h00) com registro de 112,01 e 112,60 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, áreas I e II, respectivamente, quando comparadas com o diurno, cujos registros oscilaram entre 88,94 e 99,40 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, nas áreas I e II, respectivamente (Figura 5). No período noturno os valores de CO<sub>2</sub> geralmente são maiores em virtude da intensidade da dinâmica noturna. Estes valores foram superiores aos verificados por Souto et al. (2009) que estudando a respiração edáfica no Semiárido da Paraíba, quantificaram valores entre 65 e 80 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> e maiores liberações de CO<sub>2</sub> também no período noturno. Esta mesma tendência foi verificada por Araujo et al. (2013) em área de Caatinga da Paraíba.

No que tange a essa variação das quantidades de CO<sub>2</sub> emanado nos diferentes turnos avaliados (diurno e noturno), estas tendências demonstram a dinâmica do solo, vegetação e do clima de um microhabitat com presença de Caatinga e as relações com estes componentes ambientais, como interação no tempo e no espaço. O método aplicado demonstra ser aplicável ao ambiente de Caatinga, com respostas positivas na obtenção dos dados.

Avaliando-se a dinâmica do CO<sub>2</sub> do solo, de acordo com Macfadyen (1970) é possível quantificar a fração de energia inferida de 50% da atividade respiratória de uma comunidade vegetal, das raízes das plantas e o restante das atividades da microflora, microfauna do solo e dos invertebrados que atuam na degradação da matéria orgânica. Considerando a importância em monitorar essas variáveis no Semiárido, os resultados apresentados são produto de todos estes fatores elencados.

Outros fatores são importantes, e influenciam diretamente o desprendimento de CO<sub>2</sub> do solo. O fato de os valores serem maiores durante a noite, decorre da umidade relativa do ar ser mais elevada, o que favorece a atividade da microbiota composta no solo (MEDINA e ZELWER, 1972). Assim, durante a noite, o solo vai se resfriando gradativamente, ocorrendo a migração do CO<sub>2</sub> do solo para o ar (FERREIRA et al., 2018).

Figura 5 – Média do desprendimento de CO<sub>2</sub> do solo nos períodos diurno e noturno, nas áreas I – Olho D’Água do Casado (A) e II – Delmiro Gouveia (B). Barras verticais indicam o desvio padrão



Elaboração – os autores, 2014.

Para ambas as áreas, os registros das médias de temperatura do solo foram menores no período noturno (Tabela 1). Os valores médios de temperatura do solo no período noturno, na área I foi de 27,0 °C e na área II foi de 27,8 °C e no período diurno, na área I foi de 30,5 °C e na área II foi de 33,9 °C (Tabela 1).

A temperatura do solo é um fator determinante na dinâmica da atividade microbiana do solo, já que esta funciona como um regulador de inibição ou incremento dos valores durante o tempo/período (SOUTO et al., 2009; ARAUJO et al., 2007). Muitos processos da atividade microbiana são regulados pelos fatores climáticos, advindo da relação entre as variáveis do solo e do clima, a exemplo da temperatura do solo, que em condições amenas durante o período noturno, o CO<sub>2</sub> apresenta-se maior (LOURENÇO et al., 2022).

Tabela 1 – Médias de temperatura do solo (°C) medidas nos momentos de instalação, substituição e remoção dos cilindros, nas áreas I - Olho D’Água do Casado e II - Delmiro Gouveia

Áreas	Temperatura do solo (0-10 cm)				
	Instalação 17h00	Substituição 05h00	Remoção 17h00	Médias Diurno	Médias Noturno
I	28,5	27,0	31,6	30,5	27,0
II	32,6	27,8	35,3	33,9	27,8

Elaboração – os autores, 2014.

Analisando-se o desprendimento de CO<sub>2</sub> ao longo dos meses para as duas áreas constatou-se que houve uma tendência de maiores perdas no período noturno em relação ao diurno (Figuras 6A e 6B). A interação entre os fatores área e turno foi empregada pelo teste de Tukey a 5%, mas os valores não apresentaram significância estatística (p<0,05).

As mudanças de temperatura no ambiente estão relacionadas à eficiência de algumas espécies de plantas, principalmente cactos e bromélias, conhecido como metabolismo ácido da crassuláceas

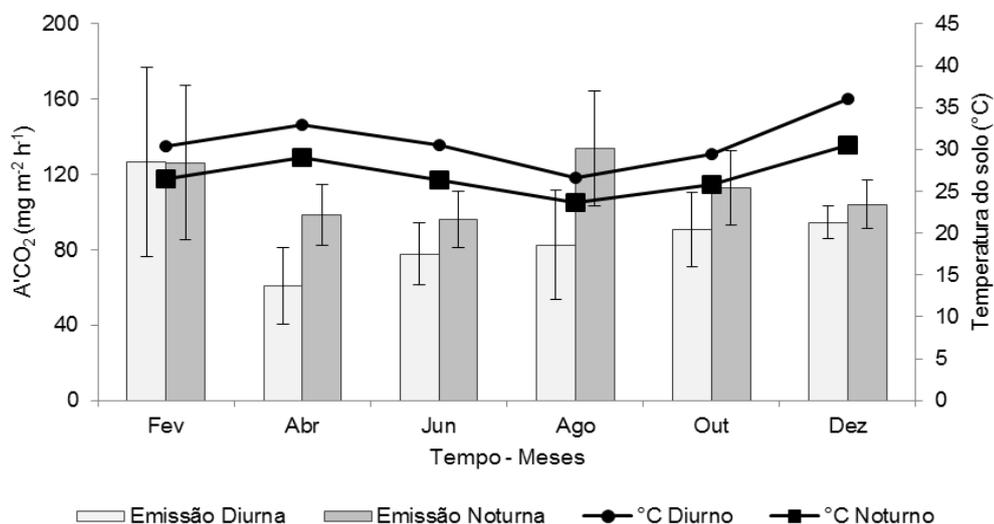
(CAM), estratégia comum em regiões Áridas e Semiáridas; as plantas CAM fecham seus estômatos durante o dia para evitar perdas de água e abri-los durante a noite, permitindo absorção de CO<sub>2</sub> e fixação de carbono (OLIVEIRA et al., 2020; SANTOS et al., 2012)

Também, observou-se um padrão distinto nos dados, onde na área II, no mês de fevereiro, houve maior desprendimento de CO<sub>2</sub> no período diurno quando a temperatura do solo se apresentou maior (Figura 6B). Como a região Semiárida apresenta variabilidade climática é possível as taxas de CO<sub>2</sub> oscilem nos diferentes turnos, portanto, cabe então, investigar as variações ao longo dos períodos (FERREIRA et al., 2018).

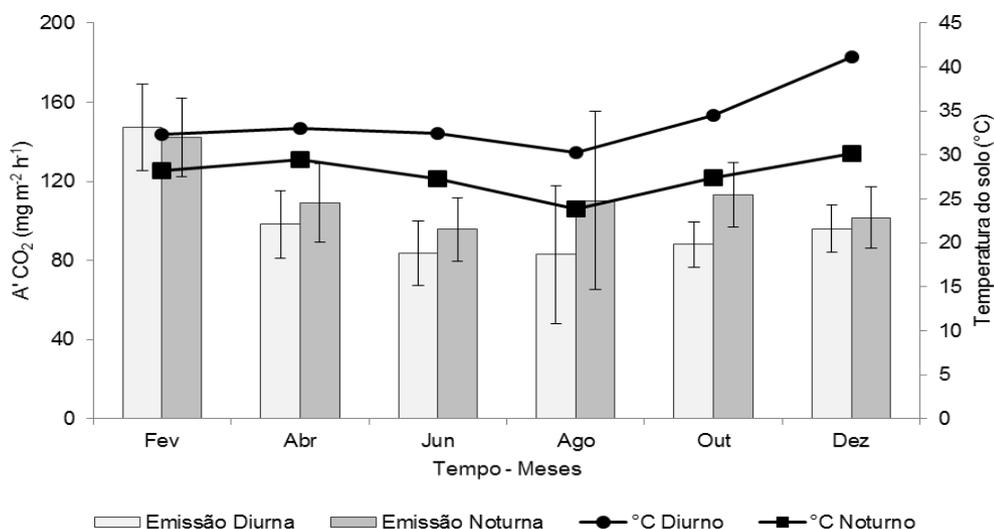
Por vezes as maiores taxas de emissões de CO<sub>2</sub> podem ser observadas durante o dia, quando as temperaturas se apresentam elevadas, nesse sentido, outras variáveis seriam necessárias a serem avaliadas para compor os resultados, pois a interrelação ambiental depende de vários componentes. Além disso, investigações sobre a cinética de CO<sub>2</sub> seriam interessantes a serem realizadas, de modo a entender a variabilidade em curtos intervalos de tempo durante o dia.

Figura 6 – Média de CO<sub>2</sub> do solo durante os meses de análise, nos períodos diurno e noturno, nas áreas I – Olho D'Água do Casado (A) e II – Delmiro Gouveia (B)

(A)



(B)



Elaboração – os autores, 2014.

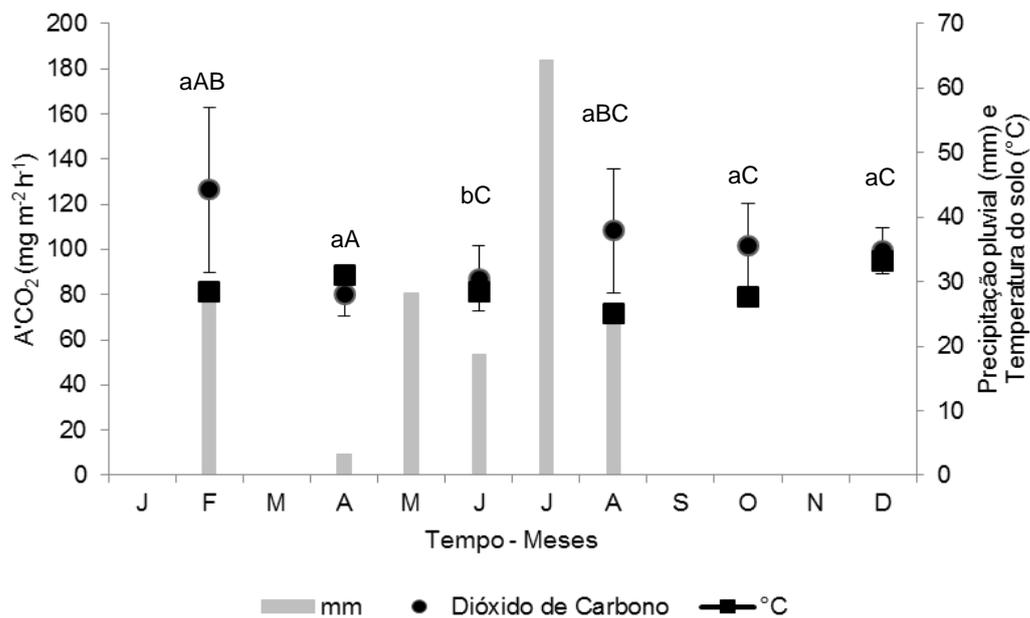
De modo geral, constatou-se que a média de liberação de CO<sub>2</sub> nas duas áreas estudadas, ao longo dos meses avaliados apresentou variação, não relacionando-se diretamente com os picos de precipitação pluvial. O que ocorre é que a magnitude dos efeitos climáticos pode gerar diferentes respostas no solo, sobretudo na decomposição da serapilheira, principal aliado das emissões de CO<sub>2</sub>; estas diferentes respostas das variáveis, ora vão estimular maiores emissões, ora vão inibir (WU et al., 2020). Nesse caso, a precipitação pluvial apresentou-se como um regulador das propriedades do solo, estas, apresentam ação mais direta.

Os valores de emissões de CO<sub>2</sub> na área I variaram entre 87,02 e 126,49 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> para os meses de abril e fevereiro, respectivamente, ao passo que na área II alcançou valores entre 89,65 e 144,71 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> nos meses de junho e fevereiro, respectivamente (Figuras 7A e 7B). Amplas variações no CO<sub>2</sub> do solo podem ser encontradas no Semiárido, já que a região apresenta variabilidade climática (ARAUJO et al., 2007).

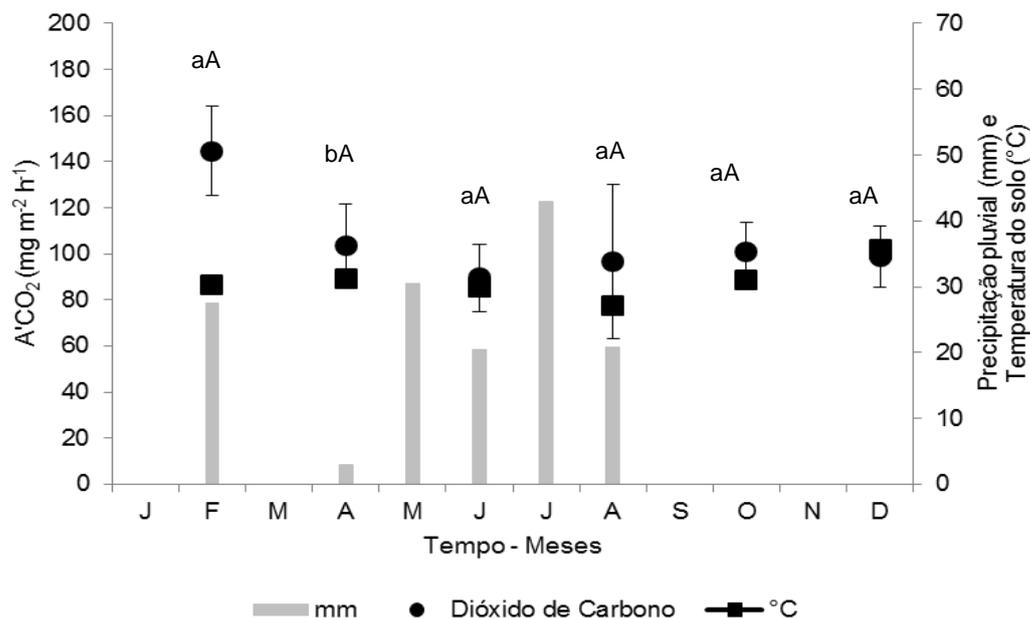
Nota-se maiores picos de liberação de CO<sub>2</sub> no mês de fevereiro, na área I (CO<sub>2</sub> = 126,49 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) e II (CO<sub>2</sub> = 144,71 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) (Figuras 7A e 7B), neste referido mês ocorreu índices pluviométricos de 27,9 mm e 27,5 mm, para as áreas I e II respectivamente e temperaturas do solo de 28,5 °C (Área I) e 30,3 °C (Área II) (Figuras 7A e 7B). Pelo teste estatístico Tukey a 1% - não houve interação na liberação de CO<sub>2</sub> entre as áreas I e II.

Figura 7 – Desprendimento de CO<sub>2</sub>, precipitação pluvial e temperatura do solo a 10 cm de profundidade, nas áreas I – Olho D’Água do Casado (A) e II – Delmiro Gouveia (B). Barras verticais indicam o desvio padrão. Letras minúsculas representam interação entre áreas e maiúsculas representam os meses, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

(A)



(B)



Elaboração – os autores, 2014.

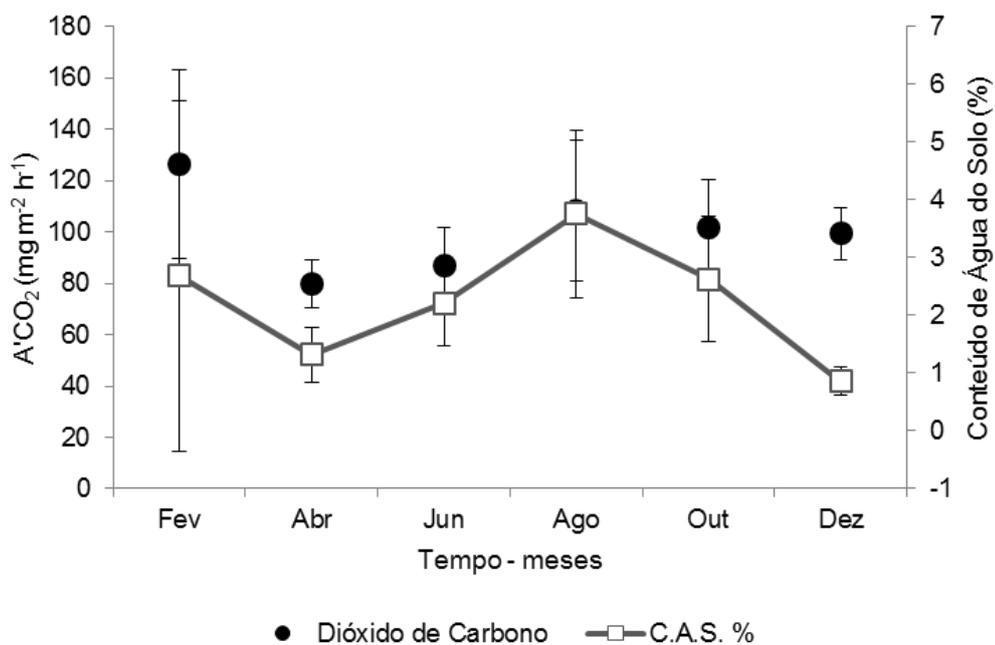
Comparando as emissões de CO<sub>2</sub>, em ambas as áreas, em relação ao conteúdo de água do solo (CAS), observou-se que, para o período analisado, não houve relação direta. Os maiores valores de CAS ocorreram em agosto, com 3,76% na área I e 3,09% na área II (Figuras 8A e 8B). Se tratando de ambientes complexos, análises mais sistemáticas e de longo prazo se fazem necessárias de modo a comparar valores. Um fator importante a se considerar são os “pulsos de reserva” seja de precipitação, reserva de água no solo e crescimento da vegetação. Esses pulsos são definidos por Andrade et al. (2006) como eventos de chuvas ocorridos em curtos períodos de tempo, levando o ecossistema a responder em um intervalo de tempo distinto dentro da variabilidade sazonal e anual, assim os mecanismos específicos que contribuem para a manutenção da diversidade das espécies da flora e fauna edáfica nos ambientes de Caatinga vão depender dos pulsos e interpulsos de precipitação. O modelo conceitual de “pulsos de reservas” citado acima, ainda é considerado um paradigma nos estudos ecológicos em regiões Áridas e Semiáridas.

Os valores de carbono (C) e a matéria orgânica (MO) foram maiores na área I (C = 50,45 g kg<sup>-1</sup>; MO = 86,97 g kg<sup>-1</sup>), em relação à área II (C = 24,20 g kg<sup>-1</sup>; MO = 41,72 g kg<sup>-1</sup>) (Tabela 2). Os maiores valores de C e MO decorrem da maior produção de serapilheira, como já constatado em estudos realizados na mesma área experimental por Souza (2014), que encontrou quantidades de serapilheira na área I, cerca de 3.540,61 kg ha<sup>-1</sup>, em relação a área II, que detém 2.922,12 kg ha<sup>-1</sup>.

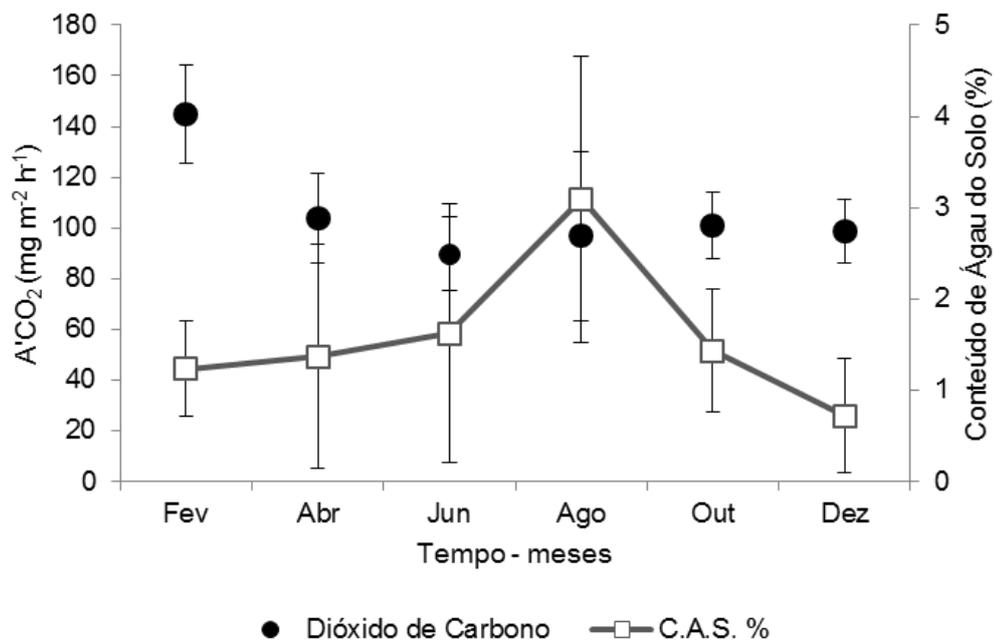
A decomposição da serapilheira determina o ciclo do Carbono, nutrientes, fluxo de emissões de CO<sub>2</sub> e energia dentro e entre os ecossistemas, atuando com fonte de feedback para as mudanças dentro de uma comunidade vegetal (WU et al., 2020).

Figura 8 – Desprendimento de CO<sub>2</sub> e conteúdo de água do solo, nas áreas I – Olho D'Água do Casado (A) e II – Delmiro Gouveia. Barras verticais indicam o desvio padrão

(A)



(B)



Elaboração – os autores, 2014.

Tabela 2 – Valores médios de carbono e matéria orgânica do solo (gkg<sup>-1</sup>), nas áreas I - Olho D'Água do Casado e II - Delmiro Gouveia. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey

Áreas	CO <sub>2</sub>	C	MO
	---- mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> ----	----- g kg <sup>-1</sup> -----	
I	100,48	50,45 a	86,97 a
II	105,78	24,20 b	41,72 b

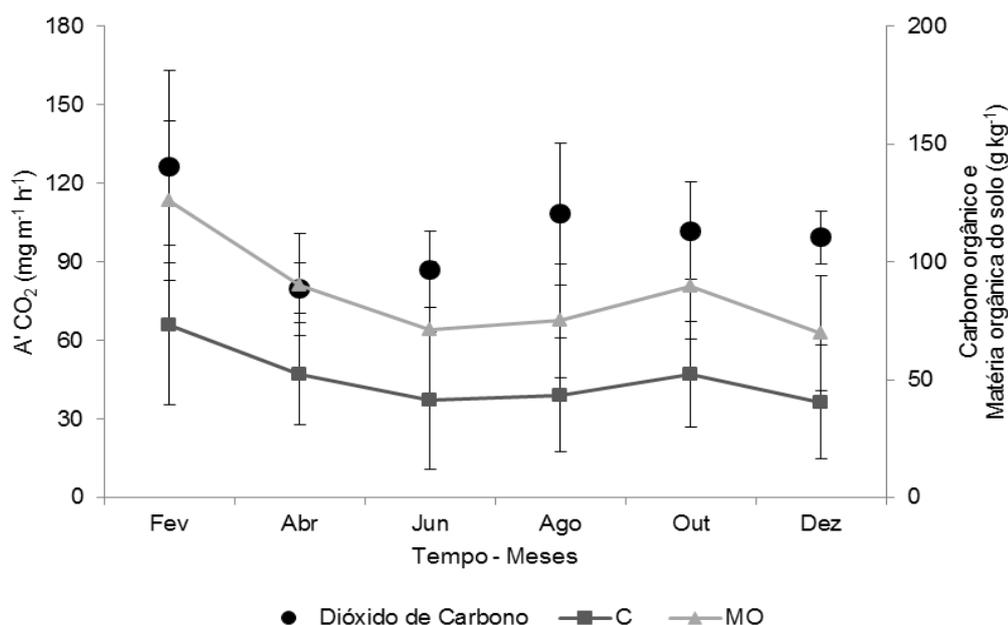
Elaboração – os autores, 2014.

Ao longo dos meses avaliados, observou-se que os valores de carbono, na área I oscilaram entre 40,42 e 73,08 g kg<sup>-1</sup> e a matéria orgânica apresentou valores entre 71,08 e 125,99 g kg<sup>-1</sup>. Enquanto na área II os valores de carbono foram entre 19,19 e 29,02 g kg<sup>-1</sup> e matéria orgânica entre 33,08 e 50,03 g kg<sup>-1</sup> (Figuras 9A e 9B). Valores estes, significativos e condizentes com fragmentos de vegetação preservada.

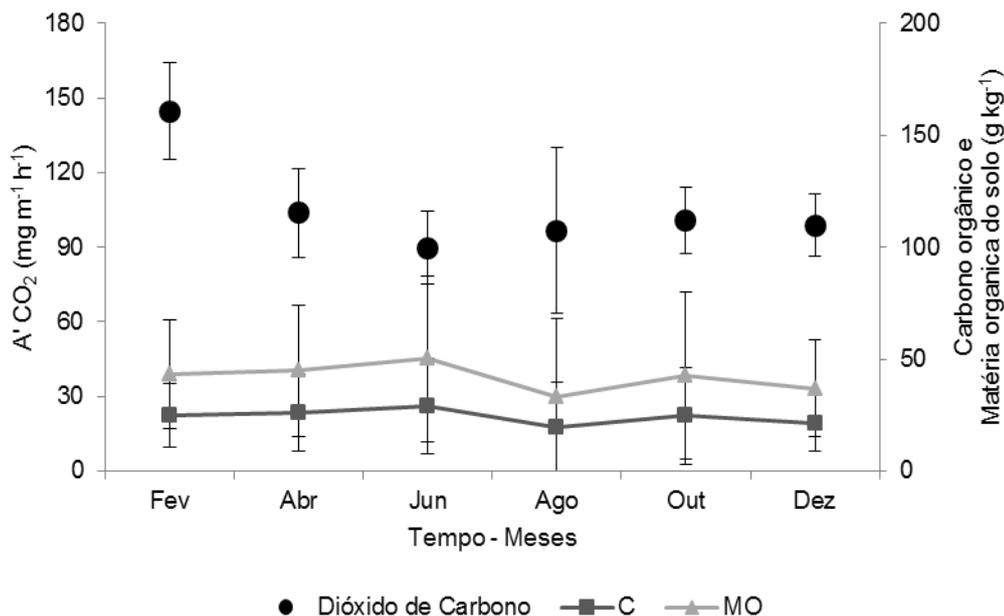
Há uma relação entre conteúdo de água do solo, maior produção de serapilheira e maiores acúmulos de carbono e matéria orgânica no solo (BŁOŃSKA e LASOTA, 2017). Nota-se que na área I, houve maiores percentagens de conteúdo de água no solo (Figura 8A), em relação a área II (Figura 8B), demonstrando que os maiores valores de carbono e matéria orgânica decorreu das condições mais úmidas do solo e do maior aporte de serapilheira, como já mencionado anteriormente.

Figura 9 – Desprendimento de CO<sub>2</sub>, carbono e matéria orgânica do solo, nas áreas I – Olho D'Água do Casado (A) e II – Delmiro Gouveia. Barras verticais indicam o desvio padrão

(A)



(B)



Elaboração – os autores, 2014.

## CONCLUSÕES

- A maior emissão de CO<sub>2</sub> do solo nas duas áreas avaliadas ocorreu no período noturno, em virtude da temperatura do solo apresentar-se mais amena;
- A liberação de CO<sub>2</sub> apresenta variável, em decorrência das propriedades do solo, clima e vegetação;
- O carbono e a matéria orgânica do solo apresentaram valores elevados nas áreas de Caatinga, demonstrando grande atividade biogeoquímica e de ciclagem de nutrientes;
- Recomenda-se que estudos futuros sobre cinética de CO<sub>2</sub> sejam realizados, de modo a comparar valores e compreender mais a fundo a dinâmica do ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, jul/set. 2011. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.4841>
- ANDRADE, A. P. DE; SOUZA, E. S. DE; SILVA, D. S. DA; SILVA, I. D. F. DA; LIMA, J. R. S. Produção animal no bioma caatinga: paradigmas dos pulsos-reserva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerais, v. 35, n. suplemento, p. 138-155, 2006.
- ARAUJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P. DE; PARENTE, H. N.; SOUZA, M. A. Liberação de CO<sub>2</sub> do solo em áreas de Caatinga sob pastejo caprino. **Revista Ra'e Ga**, Curitiba, v. 29, n. 3, p. 194-208, 2013. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v29i0.32611>
- ARAUJO, K. D.; ANDRADE, A. P. DE; RAPOSO, R. W. C.; ROSA, P. R. DE O.; PAZERA JÚNIOR, E. Perdas de CO<sub>2</sub> do solo e variabilidade temporal das condições climáticas no semi-árido paraibano. **Revista Ra'e Ga**, Curitiba, v. 13, n. 13, p. 99-107, 2007. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v13i0.5556>
- ASSISTAT. 7.6. **Campina Grande**: Francisco de Assis, 2000. Disponível em: <https://assistat.software.informer.com/>. Acesso em: 10 jun. 2014.
- BŁOŃSKA, E.; LASOTA, J. Soil organic matter accumulation and carbon fractions along a moisture gradient of forest soils. **Forests**, Switzerland, v. 8, n. 11, p. 1-13, 2017. <https://doi:10.3390/f8110448>

- BRITO, M. E.; SIQUEIRA, F. L.; SOUSA, I. J. A. de; SOUSA, R. N. de. Estoque de carbono no solo sob diferentes condições de Cerrado. **Revista Desafios**, Palmas, v. 5, n, Especial, p.114-124, 2018. <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2018v5nEspecialp114>
- CORREIA, K. G.; SANTOS, T. da S.; ARAUJO, K. D.; SOUTO, J. S.; Fernandes, P. D. Atividade microbiana do solo em quatro estágios sucessionais da Caatinga no município de Santa Terezinha, Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 534-549, 2009.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. (2008). **Mapa Geodiversidade do Estado de Alagoas** [Mapa]. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/13677> . Acesso em: 15 out. 2022.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 374 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento agroecológico de Alagoas: Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Alagoas**. Recife: EMBRAPA, 2012. 238 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ (Documento 1), 1997. 212 p.
- FERREIRA, C. R. P. C.; ANTONINO, A. C. D.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; CORREIA, K. G.; LIMA, J. R. de S.; SOARES, W. de A.; MENEZES, R. S. C. Soil CO<sub>2</sub> efflux measurements by alkali absorption and infrared gas analyzer in the Brazilian semiarid region. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, n. 1, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160563>
- GRISI, B. M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 82-88, 1978.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 82p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf> . Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de geomorfologia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf> . Acesso em: 10 de outubro de 2022.
- JACOMINE, P. K. T. CAVALCANTI, A. C.; PESSÔA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas**. Recife: EMBRAPA, 1975, 532 p.
- LOURENÇO, E. R. C.; SOUZA, B. I. de; D'ANDREA, A. F.; SOUZA, J. J. L. L. de. Temporal variation of soil CO<sub>2</sub> emission different land uses in the Caatinga. **Applied Geography**, Wuhan, v. 14, v. 2, p. 1-8, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102661>
- MACFADYEN, A. Soil metabolism in relation to ecosystem energy flow and to primary and secondary production. In: PHILIPSON, J. (Org.) **Methods of study in soil ecology**. Paris: UNESCO, 1970. p. 167-172.
- MEDINA, E.; ZELWER, M. Soil respiration in tropical plant communities. In: International Symposium on Tropical Ecology, 1.; 1972, Athens. **Anais...** Athens: Georgia University, 1972. p. 245-269. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/288920878\\_Soil\\_respiration\\_in\\_tropical\\_plant\\_communities](https://www.researchgate.net/publication/288920878_Soil_respiration_in_tropical_plant_communities) . Acesso em: 10 nov. 2019.
- MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Manual de soluções, reagentes e solventes**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1972. 629 p.
- OLIVEIRA, A. C. O. de; NUNES, A.; RODRIGUES, R. G.; BRANQUINHO, C. The response of plant functional traits to aridity in a tropical dry forest. **Science of the Total Environment**, Barcelona, v. 747, n. 7, p. 1-7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141177>
- RAY, R. L.; GRIFN, R. W.; FARES, A.; ELHASSAN, A.; AWAL, R.; WOLDESENBET, S.; RISCH, E. Soil CO<sub>2</sub> emission in response to organic amendments, temperature, and rainfall. **Scientific reports**, London, v. 10, n. 5849, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62267-6>

SANTOS, S. A.; CORREIA, M. de F.; ARAGÃO, M. R. da S.; SILVA, P. K. de O. Aspectos da variabilidade sazonal da radiação, fluxos de energia e CO<sub>2</sub> em área de Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 4, p. 761-773, 2012. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i4.232866>

SOUSA, F. Q. de; LEONARDO, F. de A. P.; SANTOS, L. C. dos; AGRA, P. F. M.; NÓBREGA, E. M. A.; ABRANGES, M. de O.; SILVA, G. A. M. da. Edaphic respiration in na ecosystem submitted to surface soil transposition in the Caatinga. **Revista de Ciências Agrárias – Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 65, n. 1, p. 1-9, 2022. Disponível em: <http://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3495>. Acesso em: 20 out.2022.

SOUTO, P. C.; BAKKE, I. A.; SOUTO, J. S.; OLIVEIRA, V. M. Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos do Semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 52-58, 2009.

SOUZA, M. A. **Fitossociologia em áreas de caatinga e conhecimento etnobotânico do murici** (*Byrsonima gardneriana* A. Juss.), **Semiárido Alagoano**. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

SOUZA, M. A. **Dinâmica da serapilheira e fauna edáfica em áreas de Murici** (*Byrsonima gardneriana* A. Juss) **no Semiárido de Alagoas, Brasil**. 2014. 138 f. (Doutorado em Agronomia)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. (2021). **Mapa de Delimitação do Semiárido do Nordeste Brasileiro** [Mapa]. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 15 abr. 2022.

TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J. BOHNEN, H. **Análises do solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188 p. (Boletim técnico)

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. **Dados climatológicos do Estado de Alagoas**, 2021. Campina Grande: CTRN/DCA. Disponível em: [www.dca.ufcg.edu.br](http://www.dca.ufcg.edu.br). Acesso em 3 de maio 2021.

WU, Q.; YUE, K.; WANG, X.; MA, Y.; LI, Y. Differential responses of litter decomposition to warming, elevated CO<sub>2</sub>, and changed precipitation regime. *Plant Soil, Switzerland*, v. 455, n. 8, p. 155-169, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04675-1>

---

Recebido em: 23/06/2022

Aceito para publicação em: 10/10/2022