

# Balanço de Emissão e Neutralização de GEE

*Lucas Porpino de Araújo Silva, Jonas Freitas de Carvalho, Leonardo Correia Santos Galvão, Maria Goretti Cabral de Lima (Orientadora)*

*Colégio Militar do Recife, Recife - PE*

## RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade analisar a relação ecológica formada pela emissão de gases do efeito estufa (GEE) e a quantidade destes absorvida pelas árvores do entorno do Colégio Militar do Recife. A pesquisa é desenvolvida no ambiente do CMR a partir dos procedimentos: cálculo da emissão de GEE, através de sensor de medição e registro de GEE, utilizando plataforma de prototipagem Arduino e planilhas do Excel; cálculo de CO<sub>2</sub> a partir do levantamento do consumo de energia e do lixo produzido pelo CMR e Cálculo de absorção de CO<sub>2</sub> por indivíduos florestais, a partir de medições dendométricas em árvores de área contígua colégio. Considerando os resultados parciais, o sensor de CO<sub>2</sub> funcionou como esperado e os resultados das medições confirmaram que a maior concentração de CO<sub>2</sub> ocorre na área frontal do CMR, ambiente de grande circulação de veículos. Considerando a emissão de CO<sub>2</sub> a partir da produção de resíduos, o CMR libera 74,5 kg de CO<sub>2</sub>/mês. O cálculo da absorção de carbono pelos indivíduos florestais pesquisados aponta que há indícios de que estes atuam como sumidouros de CO<sub>2</sub>. Porém ainda não há resultados conclusivos do balanço da emissão e neutralização visto não ter completado o período de 1 ano de medições de DAP das árvores pesquisadas. A pesquisa continuará ao longo de 2021 e espera-se confirmar a importância área florestal do entorno do CMR enquanto armazenadora de CO<sub>2</sub>, anulando ou reduzindo deste modo, os efeitos da emissão deste gás em decorrência dos níveis de consumo da comunidade do CMR.

Palavras-Chave: Efeito estufa, Gás carbônico, Neutralização.

## I. INTRODUÇÃO

Com o advento da Revolução Industrial, ainda no século XVIII, iniciou-se na história da humanidade um período marcado pelos crescentes e exponenciais aumentos na emissão de gases do efeito estufa (GEE), sobretudo o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que gerou graves consequências climáticas no planeta que afetam não só o ambiente natural como também e principalmente para a sociedade como um todo. Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM) O CO<sub>2</sub> é o mais

abundante dos GEE e o mais prejudicial pois permanece por mais tempo que os demais na atmosfera e oceanos.

Para melhor elucidação do tema em questão, inicialmente serão destacados alguns conceitos fundamentais utilizados no presente trabalho.

-Gases do efeito estufa (GEE): gases que absorvem uma parte dos raios do sol e os redistribuem em forma de radiação na atmosfera, aquecendo o planeta em um fenômeno chamado efeito estufa. Os principais gases de efeito estufa definidos pelo Protocolo de Quioto são: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e hidrofluorcarbonos (HFCs). (CABRAL, 2019)

- Carbono: elemento fundamental para os seres humanos, presente em substâncias que variam do petróleo ao diamante. Quando combinado com outros átomos, forma o gás carbônico e o metano, entre outros compostos. (HIGUCHI, et al, 2012).

-Efeito Estufa: fenômeno natural causado pela presença de nuvens e gases, principalmente vapor d'água e dióxido de carbono, que provocam o aquecimento da Terra, a partir da absorção e aprisionamento do calor advindos da radiação solar. (HIGUCHI, et al, 2012).

-Indivíduo florestal: exemplar de árvore que pertence à uma floresta. Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação), floresta é definida por: área com mais de 0,5 hectare ocupado por árvores maiores que 5 metros de altura.

-Equação alométrica: modelo matemático para definição de biomassa de indivíduos florestais e, por conseguinte, estimativa da absorção de carbono pela vegetação. (SILVA, 2007).

Para fins de caracterização de mudanças climáticas e intensificação do efeito estufa, o IPCC e o Protocolo de Quioto consideram emissões de GEE apenas as geradas por atividades humanas nas atividades relacionadas à produção e uso de energia, processos industriais, uso de solventes, agropecuária e tratamento de resíduos resultantes da produção e consumo. (PROTOCOLO DE QUIOTO, 2004; IPCC, 2020).

É importante destacar que a relação sociedade-natureza, principalmente após a revolução industrial, vem sendo caracterizada pela intensa exploração dos recursos naturais, a

despeito da frágil capacidade de regeneração e de restauração daqueles, considerando os eventos que desencadeiam mudanças bruscas. No que diz respeito aos eventos climáticos, essa relação contribui para o lançamento exacerbado de gases que não fazem parte da composição normal da atmosfera, em sua forma ou quantidade. Segundo Higuchi (2015), mais de 80% das emissões e do estoque de gás de efeito estufa na atmosfera, principalmente gás carbônico, foram causados por ações antrópicas através do desenvolvimento tecnológico.

Nesse contexto, é importante destacar os motivos que fazem esses gases serem considerados tão nocivos, acarretando mudanças que alteram o comportamento do clima mundial e provocam diversos danos ao ambiente e à sociedade de modo geral.

A atmosfera terrestre é a geosfera gasosa, ou seja, uma camada de gases e material particulado (aerossóis) que envolve a Terra e à ela está presa por ação da gravidade. A composição dessa camada, que é essencial à vida é: 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio, 0,9% de argônio e 0,1% de outros gases, sendo que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) corresponde a 38,5% dessa parcela. (SENAI, 2017).

No entanto, se a Terra dependesse apenas dos dois principais gases para seu aquecimento, a temperatura média no planeta seria de -18, justamente porque tanto o nitrogênio quanto o oxigênio refletem toda radiação solar recebida. Nesse caso, o CO<sub>2</sub>, que contribui com apenas 0,04% da composição da atmosfera, juntamente com o metano, óxido nítrico, ozônio e vapor d'água, se tornam elementos imprescindíveis, visto que absorvem e retém grande parte do calor do Sol na atmosfera, funcionando como uma espécie de cobertor do planeta, mantendo-a aquecida. Considerando a função de aprisionar o calor do sol tais gases são definidos como gases do efeito estufa (GEE). (HIGUCHI, et al, 2012).

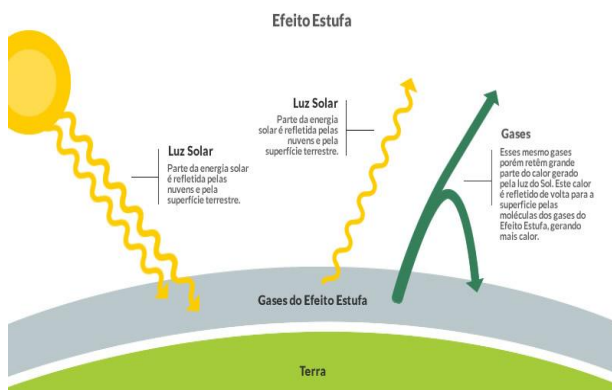


FIGURA 1. EFEITO ESTUFA

Fonte: REN - Portugal

“A emissão dos GEE, tem sido intensificada nas últimas décadas pelas atividades antrópicas e nesse sentido, considerando a atuação desses gases na atmosfera, sua contribuição para o aumento da temperatura global e, por conseguinte, para a ocorrência de eventos climáticos extremos e mudança eventual no clima na Terra, cientistas do mundo inteiro passaram a desenvolver pesquisas relacionadas ao tema. Desse modo, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o meio Ambiente, criaram em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC), com o objetivo de estudar e divulgar as informações e os impactos relevantes aos riscos à humanidade e criar mecanismos para a adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais em decorrência dos GEE. (DIAS,2006, IPCC, 2018).

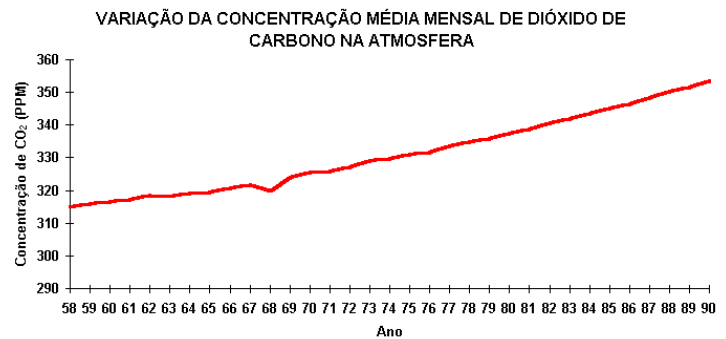


FIGURA 2. NÍVEIS DE CO<sub>2</sub> NA HISTÓRIA

Fonte: UNESP - BR

Dentre os gases do efeito estufa, o CO<sub>2</sub> é o responsável por cerca de 60% das emissões, permanecendo na atmosfera em torno de 100 anos e considerando a atuação antrópica, o dióxido de carbono é produzido pela queima de combustíveis fósseis em diferentes atividades, queimadas e remoção de florestas e por isso, o CO<sub>2</sub> é usado como referência de GEE. Desde o início da industrialização a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera aumentou 35%, segundo a OMM. Em 2018, o relatório de mudanças climáticas do IPCC estimou que as atividades humanas tenham causado cerca de 1,0°C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, sendo provável que o aquecimento global atinja 1,5°C entre 2030 e 2052, caso continue a aumentar no ritmo atual. (IPCC, 2018).

No contexto das mudanças climáticas, as florestas assumem papel importante na redução da emissão de GEE, sendo consideradas como ambientes de sumidouros ou de neutralização de CO<sub>2</sub>, pois em seu processo de fotossíntese e crescimento, captura e armazena carbono; ao contrário, sua derrubada contribui para o aumento dos GEE. (HIGUCHI et al, 2001).

O estudo de florestas até cerca de 20 anos atrás era de interesse quase exclusivo da engenharia florestal e com pouca ou nenhuma correlação com o clima. O painel de mudanças climáticas da ONU, em especial, sua conferência de Quioto, em 1997, introduziu mudanças nesse cenário e, atualmente, as florestas e seus mecanismos de funcionamento são componentes fundamentais para os estudos relacionados às mudanças climáticas. (HIGUCHI, et al, 2012).

Portanto, é imprescindível que, diante das preocupações com os temas relacionados ao efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas, há que se considerar o uso e o papel das florestas, que só em termos de sequestro de carbono, ou seja, de limpeza da atmosfera, tem um papel extraordinário. (HIGUCHI, 2015).

Diante do exposto, surge o questionamento: qual o verdadeiro papel das florestas considerando o tema em questão? Floresta como fonte de gás carbônico: em sua composição, a vegetação também possui o elemento carbono, que é convertido em carbono atmosférico, seja pela queima da madeira ou pela sua decomposição orgânica, contribui para o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, porém, essa contribuição representa menos de 20% desses gases. (DIAS, 2006; HIGUCHI, 2015).

A função da floresta enquanto sequestradora ou fixadora de carbono da atmosfera, se dá pelo processo de absorção de CO<sub>2</sub> pela planta, que o fixa em forma de matéria lenhosa ou biomassa, trocando o carbono com a atmosfera por meio da fotossíntese e respiração. Deste modo, o cálculo da biomassa florestal é usado para estimar o sequestro e os estoques de carbono presentes na vegetação, e nesse sentido, inúmeras pesquisas são desenvolvidas buscando estimar os estoques de carbono da floresta considerando a biomassa florestal. Entre estas pesquisas, se destacam as desenvolvidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Ambientais da Amazônia (INPA). (HIGUCHI et al, 1998; SALIBA, 2015).

Pesquisadores do INPA desenvolveram inúmeros modelos de estimativas de quantificação da biomassa e armazenamento de carbono em florestas primárias, a partir de modelos matemáticos e de ajustes metodológicos. (HIGUCHI et al, 1998, 2004, 2015; SILVA, 2006, HIGUCHI et al, 2012, INPA, 2014). Neste trabalho, optou-se por utilizar duas equações alométricas pesquisadas e aplicadas por Higuchi et al, 1998 e Silva, 2001; 2006, as quais podem ser aplicadas em indivíduos arbóreos vivos (floresta em pé).

Outro elemento importante a considerar, sobre o tema em tela, é o nível de consumo da sociedade enquanto contribuinte para o aumento de emissões de GEE, notadamente carbono. No cenário de atual de preocupações mundiais com lançamentos de GEEs, o comportamento de consumo individual ou de corporações também têm sido objeto de inúmeras pesquisas como fonte de emissão desses gases, especificamente o CO<sub>2</sub>.

O Consumo de energia é uma forma de quantificar a emissão antrópica dos GEEs. Pesquisas realizadas nos Estados Unidos sobre a temática, apontam que já em 1997, os consumidores individuais respondiam por 28% do consumo de energia e 41% das emissões de CO<sub>2</sub> no país. Diante dessa constatação, segundo os autores, organismos internacionais, organismos não governamentais e até agências de governos, além de empresas privadas, criaram as chamadas calculadoras de CO<sub>2</sub> para suprir a demanda de análise sobre consumo e emissão de GEE. (TAVARES & BRITO, 2016).

Segundo o observatório do clima brasileiro, em 2018 o setor energético foi responsável por 21% do total de emissões de GEE no Brasil, representando 407,9 Mt de CO<sub>2</sub>. Desse total, 12% está relacionado à geração de eletricidade. Considerando a produção de resíduos orgânicos e inorgânicos, o setor foi responsável por 5% das emissões, correspondendo a 91,9 Mt de CO<sub>2</sub>, em 2018. (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2020).

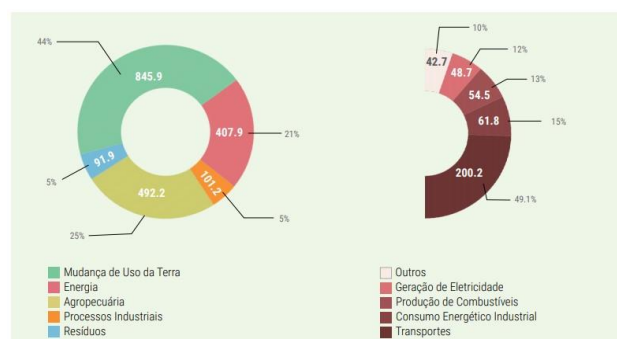


FIGURA 3. PARTICIPAÇÃO DOS SETORES DE ENERGIA E RESÍDUOS NAS EMISSÕES DE GEE DO BRASIL (2018).

Fonte: SEEG/OC

TABELA 1 - PARTICIPAÇÃO DOS SETORES NAS EMISSÕES DE GEE DO BRASIL (2018).

Setor	Emissões (ton CO <sub>2</sub> ) - 2018	% do total das Emissões (2018)
<b>Energia</b>	407.916.097	21%
<b>Processos Industriais</b>	101.233.912	5%
<b>Agropecuária</b>	492.166.292	25%
<b>Resíduos</b>	91.892.835	5%

<b>Mudança de Uso da Terra</b> (incluindo desflorestamento e queimadas)	845.912.581	44%
Total Geral	1.939.121.718	100%

Fonte: Observatório do clima (2018).

No Brasil, entidades como o Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia – (IDESAM), Serviço Nacional da Indústria (SENAI), Ministério do Meio Ambiente, SOS Mata Atlântica e Fundação Getúlio Vargas (FGV), entre outros, desenvolveram calculadoras virtuais de CO<sub>2</sub>, uma das formas mais simples de realizar o cálculo das emissões domésticas ou corporativas. Algumas dessas calculadoras oferecem ferramenta de mecanismos de mitigação ou de neutralização das emissões de gases poluentes da atmosfera derivados.

Diante do exposto, é importante destacar a validade de pesquisas voltadas para a redução de impactos ambientais e desenvolvimento de ações de mitigação dos danos causados pelo lançamento dos gases efeito estufa na atmosfera, não só em escala global, mas também em escala local, como é o caso da presente pesquisa.

## II. OBJETIVO E QUESTÃO PROBLEMA

Considerando o explicitado anteriormente, a presente pesquisa tem por objetivo analisar a relação ecológica formada pela emissão de GEE e a quantidade destes gases absorvida pelos indivíduos florestais do entorno do Colégio Militar do Recife e buscar estabelecer métodos para a diminuição e neutralização da emissão de gases poluentes com tecnologias de baixo custo.

A partir da realização do balanço, no qual será estabelecida a relação entre níveis de lançamentos de GEE e absorção destes pelas árvores, espera-se responder à seguinte problemática: qual a relação entre o crescimento das árvores e a diminuição dos impactos decorrentes da emissão antrópica dos GEE provocados pelos níveis de consumo da sociedade humana atual?

## III. DESCRIÇÃO DE MATERIAIS E MÉTODOS

O local de realização da pesquisa é o Colégio Militar do Recife, localizado no bairro do Engenho do Meio, em Recife. O bairro ainda possui importantes áreas com resquícios de Mata Atlântica e também se destaca por ser uma área com

baixa densidade demográfica e que abriga inúmeros órgãos públicos, como a Universidade Federal de Pernambuco, o Instituto Federal de Pernambuco, o Centro Regional de Energia Nuclear, o Instituto Tecnológico de Pernambuco, O Comando militar do Nordeste, a 7ª Região Militar, entre outros.

A área ocupada pelo CMR, é de cerca de 91.000m<sup>2</sup>, com um perímetro de 1.228m, sendo a área dos fundos do voltada para a mata do Comando Militar do Nordeste, área de preservação de Mata Atlântica, com cerca de 4.000 m<sup>2</sup> de extensão, enquanto a parte frontal do colégio limita-se com uma das rodovias mais movimentadas da cidade do Recife, a BR 101-Sul. Desse modo, a localização do CMR estabelecesse um contraste marcante entre poluição atmosférica (BR-101) e uma grande concentração arbórea (Reserva do Comando Militar do Nordeste) e assim, a área da BR em frente ao colégio, área do CMR e parte da reserva florestal (parcela permanente de observação) foram definidas como local de aplicação da pesquisa.



FIGURA 4: ÁREA DA PESQUISA, DESTACANDO O CMR E A MATA DO CMNE

Fonte: autores, 2019.

Para levantamento da emissão de CO<sub>2</sub> no ambiente externo do Colégio, foi montado um sensor de medição de GEE, e realizadas duas medições em diferentes horários e pontos externos e internos do Colégio Militar do Recife (unidade de análise). Na área externa foram escolhidos dois pontos na área frontal do CMR, próximos à BR, e dois pontos na área dos fundos, próximos à reserva florestal. Na área interna foram selecionados dois pontos em áreas abertas. Foram realizadas medições em diferentes horários, buscando estabelecer um paralelo entre as condições circunstanciais da medição e aumento da concentração, ou não, de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Foram realizadas duas medições em cada um dos seis pontos, sendo a primeira às 07 horas da manhã, e a segunda, às 14 horas, visto serem horários que representam diferenças nas

condições atmosféricas e na intensidade de tráfego de veículos na área. As medições foram realizadas no mês de junho de 2019.

Ainda considerando a emissão de CO<sub>2</sub> foi realizado o levantamento e cálculo das emissões considerando o nível de consumo dos usuários do CMR. Para esta etapa utilizou-se a metodologia e calculadoras de CO<sub>2</sub> do IDESAM e do Green CO<sub>2</sub>. Os dados utilizados neste procedimento foram consumo de energia elétrica (em kW) e biomassa de lixo produzida, separadas por material orgânico e inorgânico (em quilograma).

TABELA 2: FATOR DE EMISSÃO DE CARBONO POR QUILOGRAMA DE LIXO

Resíduo	Quantidade Gerada (toneladas)	Fator de Emissão (kgCO <sub>2</sub> /kg)	Emissão (kgCO <sub>2</sub> )	Emissão no Evento (tCO <sub>2</sub> )
Reciclável	-	- 0,48	-	
Orgânico	-	1,397 kgCO <sub>2</sub> /kg.lixo.dia		
Total		-		

Fonte: Green CO<sub>2</sub>, (2011).

A quantificação do “sequestro” de CO<sub>2</sub> foi dividida em duas etapas, sendo uma para cálculo momentâneo, utilizando das equações alométricas desenvolvidas por SILVA (2007), para encontrar o peso fresco da árvore (massa da planta viva), e assim encontrar a quantidade de carbono sequestrado pela árvore.

A segunda etapa representa um cálculo da absorção de CO<sub>2</sub> em função do tempo de crescimento da árvore- a partir da instalação das bandas dendrométricas na parcela permanente definida, baseado na pesquisa de SILVA (2003), identificando absorção de carbono com base na variação do 5 / 8 seu diâmetro à altura do peito (DAP). Para desenvolver esta sequência da pesquisa, foram realizadas 4 medições em 15 indivíduos florestais ao longo de 2019, sendo a primeira medição em maio e a última em novembro de 2019. Os dois métodos foram desenvolvidos por pesquisadores do INPA, sendo testados em trechos de floresta tropical, nas cidades de Manaus, Santarém e Caxiuanã.

Esta etapa é fundamental para realizar a estimativa de sequestro de carbono pelo indivíduo florestal pois, sabendo-se que 48,5% do peso fresco do indivíduo arbóreo é composto por isótopos do carbono (INPA, 2000), obtém-se, com precisão, a massa de carbono presente na constituição da árvore, a partir do cálculo do DAP. Sabe-se, também, que a

massa de carbono é majoritariamente constituída a partir da captura de CO<sub>2</sub> proveniente dos processos fotossintetizantes, havendo uma relação entre o CO<sub>2</sub> emitido antropicamente no ar atmosférico e o que é capturado pela árvore, o que é estimado com a definição do DAP de cada indivíduo da parcela florestal investigada.

Os indivíduos florestais escolhidos são representantes da Mata Atlântica, Bioma no qual está inserido a Mata do CMNE, local da pesquisa. Algumas árvores foram identificadas, como canafístula (árvores 3, 5 e 5 13), visgueiro (árvore 6), carne-de-vaca (árvore 9), ipê-amarelo (árvore 11) e caroba (árvore 15).



FIGURA 5: PARCELA PERMANENTE NA MATA DO CMNE

Fonte Google Earth (2019)

Para cálculo do DAP (incremento de biomassa) foram confeccionadas bandas dendrométricas com fitas de alumínio e colocadas no tronco de cada árvore.

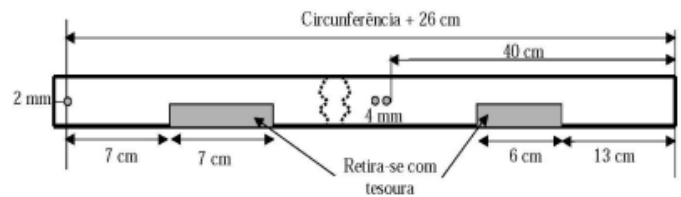


FIGURA 6: ESQUEMA PARA FABRICAÇÃO DE BANDA DENDOMÉTRICA

Fonte: SILVA, et al. (2003)

As bandas foram instaladas nas árvores e são medidas, a cada visita, com paquímetro digital para que se possa analisar seu incremento e, portanto, quantificar a massa de carbono que

é absorvida pela árvore em cada intervalo de tempo entre as medições, utilizando a metodologia de monitoramento florestal de Silva et al. (2003).



FIGURA 7: MEDIÇÃO DE DAP EM ÁRVORE DA MATA DO CMNE

Fonte: autores, 2019.

As medidas realizadas são apresentadas na tabela 2.

TABELA 3: DADOS DAS MEDIÇÕES DENDOMÉTRICAS DO DIA 30/07/2019

Árvore	DAP (cm)	HT (m)
1	20,4	8,6
2	27	9,1
3	22,7	14,1
4	29,4	11,9
5	30,4	12,4
6	42,4	10,1
7	42,7	14
8	38,95	13,6
9	50,2	15,7
10	39,3	10,5
11	84	9,8
12	62,7	13,5
13	51,4	8,1
14	63,5	16,5
15	29	9,8

Fonte: Autores (2019)

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando as medições de CO<sub>2</sub> do ambiente externo, o sensor de CO<sub>2</sub> montado pela equipe do projeto funcionou como esperado e os resultados confirmaram que o local de maior concentração de CO<sub>2</sub> corresponde à área frontal do CMR, visto ser o ambiente de grande circulação de veículos. Desse modo, foi possível estabelecer um paralelo entre as condições circunstanciais da medição com as condições de concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> e foi verificado que os pontos com maiores concentrações do gás foram os próximos à rodovia BR-101, principalmente em horário de grande congestionamento; enquanto que pontos com concentrações relativamente baixas de gás carbônico foram os próximos à reserva florestal. Após as medições, os dados levantados foram registrados em planilhas do Excel.

No que diz respeito ao cálculo de CO<sub>2</sub> liberado a partir da produção de resíduos, a multiplicação da massa do lixo orgânico produzido pelo fator de emissão de CO<sub>2</sub>, estabelecido pela calculadora de CO<sub>2</sub> do Green CO<sub>2</sub>, resultou em 57,1 kg/mês de gás carbônico, enquanto que o produto relacionado à produção de lixo reciclável foi de 17,4 kg/mês de gás carbônico. Considerando a emissão a partir do consumo de energia elétrica estabelecido a partir da calculadora de CO<sub>2</sub> do Idesan, o resultado foi de 5,725 toneladas.

O resultado, utilizando o fator de conversão do green CO<sub>2</sub>, indica que o CMR libera 74,5 kg de CO<sub>2</sub>/mês a partir da produção de resíduos e consumo de energia elétrica. Segundo o Instituto de Desenvolvimento Ambiental da Amazônia, com esse resultado, é sugerido a manutenção de 16 árvores para capturar o CO<sub>2</sub> emitido.



FIGURA 5: CÁLCULO DA EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> A PARTIR DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO CMR

Fonte: os autores, 2019.

No que diz respeito à aplicação das equações alométricas para cálculo da massa de carbono nas árvores, e conseqüentemente seu peso fresco, encontrou-se uma diferença considerável de resultados entre as equações de simples e dupla entrada, sendo justificado pelo fato de a equação de simples entrada apresentar menor precisão que a equação de dupla entrada. Tabela 2.

TABELA 4: RESULTADO DAS APLICAÇÕES ALOMÉTRICAS

Árvore	PF (Equação de simples entrada)	MC (Equação de simples entrada)	PF (Equação de dupla entrada)	MC (Equação de dupla entrada)
1	781,5kg	379,0 kg	390,7kg	189,5
2	1332,7kg	641,5 kg	653,2kg	316,8kg
3	955,1	483,2 kg	1216,6	325,8
4	1552,1	752,8	913,3	589,76
5	1652,7	801,6	994,9	482,5
6	3086,4	1496,9	1491,7	723,5
7	3127,6	1516,8	1910,8	926,7
8	2631,8	1278,4	1605,9	778,9
9	4237,7	2055,3	4920,6	2386,5
10	2676,4	1298,0	1352,2	655,8
11	11139,8	5402,8	4549,5	2206,5
12	6433,2	3120,1	3140,1	1522,9
13	4429,9	2148,5	1751,7	849,6
14	6488,1	3195,2	4162,6	2018,9
15	1512,7	733,7	776,1	376,4

Fonte: Autores, 2019.

Legenda:

PF = Peso fresco da árvore

MC = Massa de carbono da árvore

Com os dados da última medição de 2019, foi calculado o incremento de biomassa (variação no DAP) dos indivíduos arbóreos estudados utilizando um paquímetro digital. Foi medido os intervalos das bandas dendrométricas e identificado

o quanto a árvore aumentou seu DAP, em milímetros. Tabela 3.

TABELA 4: RESULTADOS DE INCREMENTO DE DAP DAS ÁRVORES PESQUISADAS.

Número da árvore	Medida da variação do DAP da árvore
12	4,08 mm
10	2,98 mm
11	8,92 mm
1	17,91 mm
4	9,77 mm
5	6,11 mm
2	14,78 mm
7	6,05 mm
8	12,75 mm
9	8,88 mm
14	18,46 mm
15	9,49 mm

Fonte: Os autores, 2019.

Observações: - A ordem em que as árvores aparecem na tabela foi determinada pela ordem de medição destas. - As árvores 3, 6 e 13 acabaram não sendo encontradas no momento da medição.

Os resultados preliminares apontam que há indícios de que a mata do CMNE atua como sumidouro de CO<sub>2</sub>, porém ainda não há possibilidade de resultados conclusivos do balanço da emissão e neutralização, visto que não foi fechado um período de 1 ano de medições de DAP nos indivíduos arbóreos da área de estudo.

A pesquisa continuará com as medições assim que houver oportunidade para tal e espera-se confirmar a importância da área florestal do entorno do Colégio Militar do Recife enquanto armazenadora de CO<sub>2</sub>, anulando ou reduzindo deste modo, os efeitos da emissão deste gás em decorrência dos níveis de consumo da comunidade do CMR.

## V. CONCLUSÕES

Considerando o momento atual, no qual os níveis de emissão de gases do efeito estufa assumem proporções

alarmantes, pesquisas que contribuam para o melhor entendimento dos padrões de emissão destes gases, são fundamentais para estabelecer uma relação sociedade-natureza menos danosa à parte mais frágil desta equação. Se destaca ainda a importância de levantamento do papel de cada agente envolvido no balanço de carbono para a construção de modelos empíricos com alto grau de confiança para diferentes ambientes da Terra.

É importante destacar que presente pesquisa tem possibilidade de ser aplicada em qualquer área que apresente concentração de vegetação arbórea, com vistas à obtenção de processo de neutralização de CO<sub>2</sub> em relação aos níveis de emissão antrópicas, destacando o equilíbrio ou desequilíbrio do ambiente estudado. Em caso negativo, ou seja, de desequilíbrio, é possível calcular o número de novas árvores a serem cultivadas para que se atinja o estágio de equilíbrio.

Destaca-se ainda que toda a pesquisa foi conduzida a partir da utilização de instrumentos e ferramentas de baixo custo e fácil acesso, demonstrando que é possível realizar pesquisas científicas voltadas para a construção de um planeta mais sustentável mesmo sem necessidade de grandes investimentos financeiros.

#### IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABRAL, L. . Acesso em: 14/10/2019. CONHECER. Técnicas e instrumentos de medição de árvores. . Acesso em: 14/10/2019.
- CONSERVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA. Calculadora de CO<sub>2</sub>. Acesso em: 31/07/2019.
- DIAS, Maria Assunção Faus da. Efeito estufa e mudanças climáticas regionais. REVISTA USP, São Paulo, n.71, p. 44-51, setembro/novembro 2006.
- GOOGLE EARTH. Acesso em: 28/07/2019 GREEN CO<sub>2</sub>. Relatório de Neutralização das emissões de gases do efeito estufa. Green CO<sub>2</sub> : São Paulo, 2011.
- HIGUCHI, N., et al. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. ACTA Amazonica: Manaus, 1998.
- HIGUCHI, N.; Chambers, J.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Pinto, A. C. M.; Silva, R. P. da; Rocha, R. de M.; Tribuzy, E. S. 2004. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Revista Floresta*, 34 (3): 295-304.
- INPA. Dinâmica do Carbono das Florestas da Amazônia: resultados do Projeto CADAF / Editor Adriano José Nogueira Lima... [et. al.]. -- Manaus: Editora INPA, 2014. 87 p.: il. Color.
- MIRANDA, L. F. F., et al. Environmental monitoring of pollutants related to climate change using sensors of low cost. Deutsch-Brasilianische Gesellschaft: Recife, 20--.
- Observatório do clima. Impactos da pandemia de Covid-19 nas emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Nota técnica.
- Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Original, em inglês, publicado pelo IPCC em outubro de 2018, Suíça. Versão em português publicada pelo MCTIC em julho de 2019, Brasil. Disponível em:< [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)>. Acesso 15out/2020.
- PROTOCOLO DE QUIOTO E LEGISLAÇÃO CORRELATA. – Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2004.
- SALIBA, Sérgio Esper. Estimativa da Emissão de Gases do Efeito Estufa e Sequestro de Carbono em um Sistema de Produção Agrícola. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São carlos, 2015.
- SENAI. Departamento Regional do Estado do Rio de Janeiro Cartilha inventário de emissões de gases de efeito estufa / [SENAI. Departamento Regional do Estado do Rio de Janeiro] . – Rio de Janeiro : [s.n], 2017.
- SILVA, Roseana Pereira.. Padrões de crescimento de árvores que ocorrem em diferentes topossequências na região de Manaus (AM). Universidade do Amazonas: Manaus, 2001 (Dissertação de Mestrado apresentada à UA).
- \_\_\_\_\_, et al. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual de árvores na bacia do rio Cuieiras, ACTA Amazonica: Manaus, 2003.
- \_\_\_\_\_, Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus(AM). Tese (doutorado). INPA/UFAM, Manaus, 2007.