

**ANÁLISE DA COMPENSAÇÃO AMBIENTAL DE GASES DO EFEITO ESTUFA
PROVENIENTE DE ATIVIDADE GERADORA DE ENERGIA**

***ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL COMPENSATION OF GREENHOUSE
GASES FROM ENERGY GENERATING ACTIVITIES***

PIMENTEL, Patrícia Guedes¹
DA SILVA, Cleyton Martins²

Resumo: O presente trabalho teve como principal objetivo estudar as emissões antrópicas de Gases de Efeito Estufa, demonstrando a necessidade de mitigação e compensação destas, sobretudo daquelas provenientes do uso de geradores através da queima de combustíveis fósseis. Para tal, inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre assuntos relacionados ao tema e legislações pertinentes como base a aperfeiçoar a pesquisa em questão. Após detalhamento do processo de geração de energia, foi elaborada uma proposta de compensação ambiental por reflorestamento.

Palavras-chave: Gases de Efeito Estufa; Geradores; Compensação Ambiental.

Abstract: The main objective of the present study was to study the anthropogenic emissions of greenhouse gases, demonstrating the need for mitigation and compensation of these, especially those from the use of generators by burning fossil fuels. To this end, a literature review was initially conducted on subjects related to the theme and pertinent legislations as a basis to improve the research in question. After detailing the power generation process, a proposal for environmental compensation for reforestation was prepared.

Keywords: Greenhouse gases; Generators; Environmental compensation.

¹ Graduada em Engenharia Ambiental – Universidade Veiga de Almeida - engpatriciapimentel@gmail.com

² Pós-doutor na área de Química Atmosférica – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia/Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro - martins.cleyton@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade verifica-se uma forte pressão das atividades econômicas e industriais em centros urbanos. É possível então, verificar que determinadas áreas com intenso crescimento econômico e industrial estão sendo ocupadas por diferentes empreendimentos que, por sua vez, compartilha o ambiente com a população em suas residências, e conseqüentemente geram impactos relevantes ao meio ambiente. Estas áreas se caracterizam como espaços de multiuso e são analisadas a partir dos constantes conflitos entre o desenvolvimento sustentável e a economia.

O meio ambiente e a rotina do ser humano estão ligados de maneira direta, porém satisfazer o almejado equilíbrio para ambas as partes ainda é considerado atualmente um dos maiores desafios. Na busca pelo desenvolvimento sustentável, a compensação ambiental aparece de forma fundamental, pois visa compatibilizar o desenvolvimento econômico do empreendimento em questão com o meio ambiente. Neste sentido, o presente artigo consiste em analisar como a compensação ambiental se faz necessária, visto que empreendimentos que utilizam geradores emitem para a atmosfera determinadas quantidades de gases de efeito estufa que são prejudiciais ao meio ambiente e à população.

2. DESENVOLVIMENTO

A fim de contextualizar a pesquisa de forma elucidativa, foram pontuados alguns objetivos específicos, como a revisão de literatura sobre a atividade de geradores elétricos, legislações pertinentes ao licenciamento ambiental da atividade de geradores elétricos, textos e artigos acadêmicos relacionados à compensação ambiental, aspectos conceituais e metodológicos sobre gases de efeito estufa e os impactos ambientais consequentes das suas emissões, levantamento de indicadores ambientais de qualidade do ar e informações envolvendo geradores e as suas emissões de gases de efeito estufa.

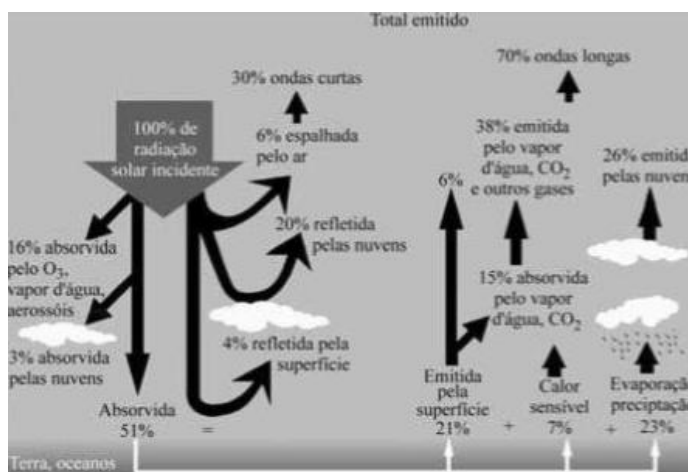
A presente pesquisa está dividida em três seções, sendo a primeira uma revisão bibliográfica contemplando os assuntos mais relevantes ao tema com base a aperfeiçoar a pesquisa em questão. A segunda, trata especificamente da atividade de Geração de Energia Elétrica e a terceira seção, aborda uma proposta de compensação das possíveis emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), aplicando uma metodologia escolhida a fim de qualificar e quantificar a Medida Compensatória.

2.1 Revisão de Literatura

Os compostos orgânicos encontrados na atmosfera podem estar relacionados a dois tipos de matrizes, na fase gasosa Compostos Orgânicos Voláteis (COV) ou associados ao material particulado (semi-COVs) (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Segundo Mendonça (2007), a Atmosfera Terrestre é determinada como uma combinação mecânica de gases que circunda a Terra, mantida através da força da gravidade. Portanto, se torna imprescindível ao fornecer proteção dos raios solares, proporcionando a vida no planeta, uma vez que é responsável por estabilizar a temperatura na superfície. A Figura 01 mostra os processos de interação da radiação solar com a atmosfera terrestre.

Figura 01 - Processos de interação da radiação solar com a atmosfera terrestre



Fonte: Adaptado de MARTINS *et al.*, 2004.

2.1.1 Poluição Atmosférica

O aumento da concentração de gases e partículas causados pela emissão antrópica, está se intensificando a medida que o crescimento econômico se torna mais evidente. Alguns desses gases e partículas têm implicações comprovadas na saúde humana e no meio ambiente, visto que são considerados “poluentes atmosféricos” (SANTANA *et al.*, 2012).

Segundo a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, a Poluição é definida em seu artigo 3º como:

“A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem às condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos” (BRASIL, 1981).

2.1.2 Poluentes Atmosféricos

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), classifica como poluentes atmosféricos: os Aldeídos (RCHO), Dióxido de Enxofre (SO₂), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Hidrocarbonetos (HC), Material Particulado (MP), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃) e os Poluentes Climáticos de Vida Curta (PCVC) (MMA, 2018).

Segundo a Resolução CONAMA nº 03/90, Poluente Atmosférico é definido como:

“Qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade” (CONAMA nº 03/90).

Os padrões nacionais estão estabelecidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), e aprovados por meio da Resolução Conama 03/90. Os poluentes estão divididos em duas categorias: Primários - emitidos diretamente pelas fontes; e Secundários - formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera.

Loureiro (2005) classifica os poluentes atmosféricos em primários e secundários. Os poluentes primários são aqueles emitidos diretamente pelas fontes emissoras, que na baixa atmosfera, podem sofrer transformações e reações fotoquímicas originando os poluentes denominados secundários. Além disso, são divididos em sólidos, líquidos ou gasosos de acordo com o seu estado de agregação.

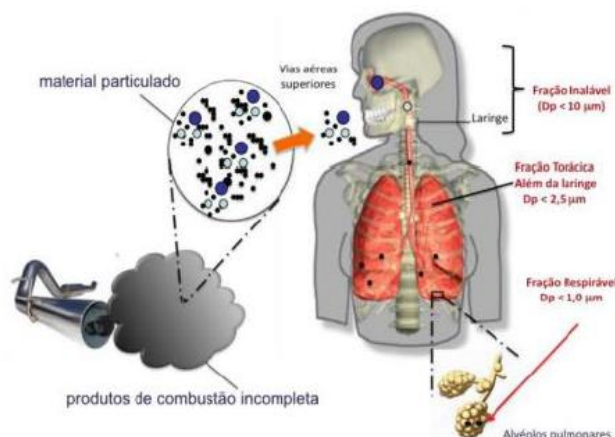
A poluição está presente no ar, quando ele contém uma ou mais substâncias químicas em concentrações suficientes para promover implicações negativas à saúde de seres humanos, animais, vegetais ou materiais. (BRAGA, B. et al., 2005)

Segundo o Relatório do Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar (MonitorAr Rio), que contempla as informações da Resolução CONAMA nº 03 de 1990, os poluentes atmosféricos selecionados para monitorar a qualidade do ar são: monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e material particulado 10 (MP10).

Entretanto, por serem considerados em padrões nacionais de diversos outros países e por já terem sido cientificamente comprovadas suas implicações sobre a saúde humana, é realizado o controle e monitoramento de outros três poluentes: monóxido de nitrogênio (NO) e

hidrocarbonetos (HC), por serem ambos precursores do ozônio, e o material particulado 2,5 (MP2,5). A Figura 02 mostra áreas de depósito de material particulado com relação ao diâmetro da partícula.

Figura 02 - Representação das áreas de depósito de material particulado com relação ao diâmetro da partícula.



Fonte: Adaptado de GUARIEIRO (2011) *apud* CASAL (2012).

2.1.3 Emissões Antrópicas

A Lei 6.938/81 que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), conceitua a degradação da qualidade ambiental, como sendo a alteração adversa das características do meio ambiente. Já o conceito de poluição é previsto no inciso III, do mesmo artigo, que estabelece que existirá poluição quando houver uma degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população (PNMA, 1981).

Portanto, para fins legais nem toda degradação ambiental é poluição. Deste modo, somente a degradação proveniente de atividade humana enquadra-se no conceito legal de poluição. Assim, as emissões de poluentes atmosféricos por indústrias, veículos que utilizam combustível fóssil, entre outros são considerados impactos negativos provenientes das atividades humanas que degradam a qualidade de vida (CARVALHO, 2009).

Do conceito exposto por Carvalho (2009), verifica-se que a poluição do ar atmosférico com o lançamento de poluentes no ambiente, em concentrações suficientes que sejam capazes de interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem-estar do homem, acabam restringindo o pleno uso e gozo da propriedade, além de ser responsável pelos impactos negativos aferidos à flora, à fauna e aos materiais.

2.1.4 Gases de Efeito Estufa

No Brasil, as emissões de gases de efeito estufa foram mapeadas, de forma oficial, por intermédio do Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa (MCT, 2009), quantificando-as por setores.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas aponta que as emissões antropogênicas de GEE são provavelmente a principal causa do aumento da temperatura desde meados do século XX e, portanto, a maior responsável pelo desequilíbrio ambiental vigente (IPCC, 2018).

As metas nacionais foram definidas através do Art. 12 da Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), que buscam alcançar ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas a reduzir entre 36,1% e 38,9% suas emissões projetadas até 2020.

Considerando que a Emissão Nacional Líquida de GEE por Fontes Antrópicas se dá através do Carbono Equivalente (CO_{2e}), podemos citar como contribuintes os gases de efeito estufa, conforme mostra a Tabela 01.

Tabela 01 - Painel Nacional de Indicadores Ambientais

GEE	tCO _{2e}
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC-125	2.800
HFC-134a	1.300
HFC-143a	3.800
HFC-152a	140
CF ₄	6.500
SF ₆	23.900

Fonte: Adaptado de PNIA - Metadado AMC 1.1. (2012)

2.2 Processos de Combustão

A Resolução CONAMA nº 5 de 15 de junho de 1989, considera que o crescimento industrial e urbano, não devidamente planejado, agrava as questões de poluição do ar e, portanto, é estratégico estabelecer um sistema de disciplinamento da ocupação do solo baseado no licenciamento prévio das fontes de poluição. Por este mecanismo o impacto de atividades poluidoras poderá ser analisado previamente, prevenindo uma deterioração descontrolada da qualidade do ar (CONAMA, 1989).

A medida de concentração dos componentes de determinados gases de combustão pode apontar informações importantes, desde o fechamento do balanço de massa até a quantificação dos poluentes que possivelmente são gerados no processo, assim, consequentemente podem causar doenças pulmonares ligadas ao material particulado emitido, incluindo poeira, fuligem e fumaça (CARVALHO et al., 2013). Segundo o autor,

“A geração de energia útil pelo processo de combustão resulta em graus variados de poluentes, com grande volume por unidade de massa, que, uma vez lançados na atmosfera, se misturam com o ar e são levados pelas correntes de vento num movimento praticamente incontrolável. Esses poluentes, muitas vezes, podem ser vistos ou sentidos pelo odor, e não é necessário dispor-se de uma instrumentação sofisticada para verificar a sua presença. Uma de suas maiores fontes de emissão são justamente os gases resultantes de dispositivos que aproveitam a energia térmica liberada pelas reações de combustão” (CARVALHO et al., 2013).

2.2.1 Centrais de Geração de Energia Elétrica

Segundo o Prof. Dr. Eng. Paulo Cícero Fritzen da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), os motores a diesel fazem parte de um amplo grupo de máquinas térmicas chamado Motores de Combustão Interna (MCI), que recebem esta denominação pois a liberação de energia do combustível ocorre em seu interior. Por outro lado, a turbina a vapor, tem sua combustão processada fora da máquina (FRITZEN, 2017).

Entretanto, o rendimento dos motores estacionários de grande porte se assemelha ao das turbinas a vapor. Já os de pequeno porte, pode ser considerada como central de autogerarção, em casos de emergência (falta de energia) e ainda como central de pico, para evitar a sobretaxação (FRITZEN, 2017). Pode-se dizer então que centrais a diesel possuem algumas limitações relacionadas com potência, ruído e vibração, e nos locais distantes, os problemas são os altos custos de combustível, além da emissão de gases poluentes (FRITZEN, 2017).

Os poluentes emitidos pela combustão do diesel são responsáveis por causar danos ecológicos reconhecidos em todo o mundo, portanto a redução dos poluentes dessas emissões é de fundamental importância para a saúde do homem, meio ambiente e para a continuidade da vida no planeta Terra (CORREA, 2006).

2.3 Legislação Ambiental

Buscando fundamentar o presente estudo com as legislações ambientais pertinentes ao tema em foco, foram listadas algumas das normativas consultadas. Dentre elas, destacam-se:

- Constituição Federal de 1988, Art. 225;
- Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Política Nacional do Meio Ambiente;
- Resolução CONAMA nº 3/90: Dispõe sobre padrões de qualidade do ar;
- Resolução CONAMA nº 8/90: Dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição;
- Resolução CONAMA nº 382/06: Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas após 02 de janeiro de 2007;
- Resolução CONAMA nº 436/11: Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007;
- Lei Complementar nº 111 de 1º de fevereiro de 2011: Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências;
- Resolução SMAC 478 de 2010. Define os procedimentos de Licenciamento Ambiental e cria o Cadastro de Subestações de Energia Elétrica;
- Resolução SMAC 550 de 2014. Define a Diretriz SMAC para a realização de Auditoria Ambiental;
- Resolução SMAC 606 de 2015. Estabelece parâmetros ambientais para a implantação e o funcionamento de Subestações de Energia Elétrica;
- Resolução SMAC 623 de 2016. Estabelece parâmetros para o licenciamento ambiental das Centrais de Geração de Energia Elétrica. (Substitui a Resolução SMAC 537/2013).

3 Estudo de Caso

Dados do Inventário de Emissões de GEE do Estado do Rio de Janeiro realizado em 2015, a região mais emissora foi a Região Norte Fluminense, sendo 94,8% de suas emissões oriundas do setor energético tendo em vista que a economia da região é fortemente baseada

nas atividades ligadas ao setor de óleo e gás. Em seguida vem a Região Metropolitana, com 70,7% de suas emissões oriundas do consumo de energia, principalmente transporte, dado que se trata da região com o maior número de habitantes (INEA, 2015).

A pesquisa realizada considera uma hipotética Subestação de Energia Elétrica (SEE) e suas Emissões Atmosféricas provenientes de um Gerador Diesel, com base no ano de 2018. A SEE é do tipo transformadora de 500 kV para 138kV, construída por quatro bancos de transformadores monofásicos, totalizando cada banco a potência de 600MVA, emitindo cerca de 1,32 tCO₂e. De acordo com a Tabela 02, as emissões atmosféricas da atividade foram provenientes apenas por combustível Diesel.

Tabela 02 - Emissões Atmosféricas Provenientes do Gerador Diesel

COMBUSTÍVEL	CO ₂ (média)	CH ₄ (média)	N ₂ O (média)	Total em tCO ₂ e (média)
Óleo Combustível	0	0	0	0
Óleo Diesel	1	0	0	1,32
Gás Natural (seco)	0	0	0	0
GLP	0	0	0	0
Gasolina	0	0	0	0
Etanol na Gasolina	0	0	0	0
Total	1	0	0	1,32

Fonte: Autores, 2019

4. Proposta de Compensação Ambiental

O instrumento da compensação ambiental surgiu no Brasil, como um componente da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), associado aos grandes projetos do setor elétrico brasileiro, em especial àqueles situados na Amazônia, como uma forma de criação de áreas voltadas à conservação da biodiversidade nas regiões afetadas por esses grandes empreendimentos (FARIA, 2008).

Para Born e Talocchi (2002), as compensações ambientais são instrumentos econômicos de remuneração realizados devido à existência de efeitos danosos, como impactos negativos e não mitigáveis decorrentes das atividades antrópicas diversas.

Sánchez (2008), relata ser uma forma de “substituição” equivalente de um bem ambiental que será perdido, alterado ou descaracterizado, e não deve ser confundida como uma indenização, que é um pagamento em espécie pela perda de um bem.

Na legislação brasileira, a compensação ambiental foi abordada inicialmente pela Resolução Conama 10 de 1987, que exigia das obras de grande porte a implantação de Estações Ecológicas como contrapartida.

4.1 Reflorestamento como Medida Compensatória

O uso de métodos de sequestro de GEE é uma opção viável para amenizar os problemas gerados pelas emissões desses gases. Dentre os diversos métodos, se destaca o reflorestamento que, além do impacto no balanço de carbono, gera desenvolvimento da biodiversidade local e revitalização do solo.

A fixação do carbono nas plantas se dá principalmente em sua fase de crescimento, quando há uma grande necessidade de geração de carboidratos. Conforme chegam a sua fase madura, o crescimento estabiliza passando a consumir a mesma quantidade de carbono que emitem. Apesar de se dar pelo mesmo mecanismo, tipos diferentes de vegetação armazenam quantidades diferentes de dióxido de carbono, por vários fatores, como composição de espécies, tipo de solo, idade e o tipo de manejo (MIRANDA, 2008).

A taxa de adsorção de carbono varia ano a ano, desde seu plantio até sua maturidade. Porém as taxas anuais, assim como a idade na qual uma árvore é considerada madura variam dependendo do estudo e do tipo de árvore analisada (PINTO, 2013). O reflorestamento ajuda a reduzir os níveis de GEE na atmosfera, porque tanto a madeira, como as folhas, fruto e as sementes são formados de carboidratos através do processo de fotossíntese que utiliza o gás carbônico absorvido para sintetizar matéria orgânica.

No Brasil, a origem histórica do mecanismo da Compensação Ambiental está associada, em especial, aos grandes projetos do setor elétrico, sobretudo aqueles situados na Amazônia. Como resultado de um intenso processo de diálogo entre técnicos daquele setor e membros proeminentes da comunidade científica, a Compensação Ambiental surgiu como uma forma de criação de áreas voltadas à conservação da biodiversidade das áreas afetadas (FARIA, 2008).

As medidas compensatórias são, portanto, aquelas destinadas a compensar impactos ambientais negativos, adotadas voluntariamente pelos responsáveis por esses impactos, ou exigidas pelo órgão ambiental competente. São destinadas a compensar aqueles impactos que

não podem ser evitados. Distinguem-se das denominadas “medidas mitigadoras”, destinadas a prevenir impactos adversos ou a reduzir aqueles que não podem ser evitados (COSTA, 2007).

4.2 Metodologia de Cálculo

Considerando que a atividade de Geração de Energia hipotética do presente artigo emitiu cerca de 1,32 tCO₂e (tonelada de carbono equivalente), é possível avaliar que este valor equivale a 1320kg CO₂eq/ano. Em 5 anos seriam 6,60 tCO₂eq/ano.

Levando em conta uma árvore média, de 140 a 250kg de CO₂eq em período de 20 anos, temos:

- Para 140kg de CO₂eq: n° de árvores = $6.600/140 = 48$ árvores
- Para 250kg de CO₂eq: n° de árvores = $6.600/250 = 27$ árvores

Sendo assim, a compensação estaria compreendida entre 27 a 48 árvores para o período de 5 anos. Por razões conservadoras serão acrescidos 10% ao resultado encontrado com o objetivo de se obter um valor final mais próximo do satisfatório, considerando ainda possíveis variações na quantidade de carbono estocado por cada árvore. Portanto, a medida compensatória será de:

- Para 140kg de CO₂eq: n° de árvores = $6.600/140 = 48$ árvores + 10% = aproximadamente 53 árvores
- Para 250kg de CO₂eq: n° de árvores = $6.600/250 = 27$ árvores + 10% = aproximadamente 30 árvores

Para assegurar a compensação ambiental com espécies nativas, o plantio deve seguir normas, como selecionar espécies adequadas para a região, averiguar a qualidade de sementes e de mudas, preparar o solo para o plantio e cuidar da manutenção da área. Se as normas forem seguidas, os reflorestamentos serão mais eficientes na remoção de gases do efeito estufa da atmosfera, com reconhecimento da UNFCCC.

5. Considerações Finais

Um dos maiores problemas ambientais com que o mundo se depara são as alterações climáticas, cujo impacto não se limita aos danos causados no ambiente, mas também se estende ao domínio social e econômico. Uma das consequências de tais alterações, é a ocorrência de elevações nas temperaturas médias globais, sobretudo em grandes centros urbanos. Sendo

assim, as florestas são consideradas grandes precursoras na mitigação e compensação de impactos antrópicos negativos.

Deste modo, o objetivo deste estudo foi obter uma possível estimativa do sequestro de carbono, através de reflorestamento, considerando que uma atividade geradora de energia emitiu cerca de 1,32 tCO₂e, no ano de 2018. Sendo assim, verificou-se que para uma árvore média, de 140 a 250kg de CO₂eq em um período de 20 anos, a medida compensatória está compreendida entre 27 a 48 árvores. No entanto, por motivo conservador, foram acrescidos 10% ao valor final encontrado, a fim de garantir um resultado mais satisfatório para a medida compensatória.

É importante mencionar ainda, que tais resultados expressam valores hipotéticos e que para a utilização da metodologia aplicada na pesquisa em questão, devem ser realizadas medidas contínuas e atualizadas das emissões dos poluentes gerados para um cálculo mais exato e preciso de CO₂e no período de operação da atividade e, consequentemente, sua compensação ambiental.

Outra situação que deve ser considerada é o devido acompanhamento das fases da medida compensatória, a partir do plantio e escolha das mudas, até a curva de crescimento das árvores é uma forma eficaz de monitorar a compensação de tais possíveis emissões. Planejar o monitoramento de emissões atmosféricas fugitivas em uma atividade geradora de energia elétrica, pode trazer grandes benefícios à redução da poluição do ar, promovendo a melhoria da qualidade ambiental.

A realização do levantamento bibliográfico preliminar possibilita o melhor entendimento da organização e dos processos de operações que influenciam na geração de poluentes atmosféricos. Uma vez esclarecidos os processos geradores de efluentes gasosos, torna-se possível determinar a quantidade aproximada de emissões e, posteriormente, definir como será feita a compensação ambiental.

Por fim, é válido ainda mencionar que, atrelada ao monitoramento, a medição contínua das fontes de emissão é considerada valiosa para o empreendimento, uma vez que poderão ser utilizados como exemplo por outros setores da indústria que buscam ações de melhoria da eficiência do processo.

6. Referências Bibliográficas

BORN, R. H.; TALOCCHI, S. *Compensações por Serviços Ambientais: sustentabilidade ambiental com inclusão social*. São Paulo: Peirópolis, p. 27-45, 2002.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J.G.L., MIERZWA, J.C., BARROS, M.T.L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N. e EIGER, S. *Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. *Constituição Federal de 1988*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm Acesso em setembro de 2019.

_____. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm Acesso em setembro de 2019.

_____. *Resolução CONAMA nº 5 de 1989*. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=81> Acesso em setembro de 2019.

_____. *Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990*. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Brasília – DF, 1990. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100> Acesso em setembro de 2019.

_____. *Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009*. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/12187.htm Acesso em setembro de 2019.

_____. *Resolução CONAMA nº 382 de 2006*. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas após 02 de janeiro de 2007. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520> Acesso em setembro de 2019.

_____. *Resolução CONAMA nº 436 de 2011*. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660> Acesso em setembro de 2019.

CARVALHO M. B. F. *Poluição Atmosférica E Mudanças Climáticas*, 2009.

CESAR, G. C. A.; NASCIMENTO, C. F. L.; CARVALHO, A.J. *Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças*. Revista de Saúde Pública, v.47, n.6, p.1209-12, 2013.

CORREA, S. and ARBILLA G. 2006. *Aromatic hydrocarbons emissions in diesel and biodiesel exhaust*. Atmospheric Environment 40, 6821-6826.

COSTA, S. S. *Compensação Ambiental: Uma alternativa de recursos para implementação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC)*. Brasília, 2007.

FARIA, I. D. *Compensação ambiental: os fundamentos e as normas; a gestão e os conflitos*. Brasília: Conleg, Consultoria Legislativa do Senado Federal. Textos para discussão nº43, julho, 2008.

FRITZEN, P. C. *Material de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFPR)*. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/pcfritzen/geracao-de-energia> Acesso em agosto de 2019.

GUARIEIRO, L. L. N.; VASCONCELLOS, P. C.; SOLCI, M. C. *Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Biocombustíveis: Uma Breve Revisão*. Revista Virtual de Química, v. 3 (5): p. 434-445, 2011.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Compensação Ambiental*. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/o-que-fazemos/compensacao-ambiental.html>. Acesso em setembro de 2019.

INEA – *Instituto Estadual do Ambiente*. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/index.htm> Acesso em setembro de 2019.

INEA. *Relatório Anual de Qualidade do Ar 2016*. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/MonitoramentodoarEmiQualidade/Qualidoar/RelatorioAnualAr/INEA0131852> Acesso em setembro de 2019.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change 2014: *Mitigation of Climate Change*. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/> Acesso em setembro de 2019.

LOUREIRO L. N. *Panorâmica Sobre Emissões Atmosféricas Estudo de Caso: Avaliação do Inventário Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro para Fontes Móveis*. Tese Universidade federal do Rio de Janeiro, 2005.

MARTINS, F. R., PEREIRA, E.B., ECHER, M.P.S. *Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário – o Projeto Swera, 2003*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 2, p. 145 - 159, 2004.

MCT. *Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa*. Disponível em: http://ecen.com/eee75/eee75p/inventario_emissoes_brasil.pdf Acesso em agosto de 2019.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MIRANDA, D. L. C. D. *Modelos Matemáticos de Estoque de Biomassa e Carbono em Áreas de Restauração Florestal no Sudoeste Paulista*. Curitiba: UFPR, 2008.

MMA – *Ministério do Meio Ambiente*. Disponível em: www.mma.gov.br Acesso em setembro de 2019.

OLIVEIRA R. L., VARANDAS L., ARBILLA G. *Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbon levels in the vicinity of a petrochemical complex located in a densely populated area of the Rio de Janeiro, Brazil*. Atmospheric Pollution Research, v. 5, p. 87–95, 2014.

PINTO, N. D. B. *Análise Comparativa entre o Reflorestamento e outras Alternativas de Mitigação de Gases do Efeito Estufa no Estado no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: COPPE UFRJ, 2013.

PNIA – *Painel Nacional de Indicadores Ambientais. Metadado AMC 1.1, 2012*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/pnia/> Acesso em setembro de 2019.

RIO DE JANEIRO. SMAC – *Relatório da Rede MonitorAr Rio 2011-2012. Qualidade do Ar na Cidade do Rio de Janeiro. Prefeitura do Rio de Janeiro, 2012*. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/monitorar-rio1> Acesso em setembro de 2019.

RIO DE JANEIRO. *Lei Complementar nº 111 de 1º de fevereiro de 2011*. Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4600307/4117400/lei_compl_111.pdf Acesso em agosto de 2019.

_____. *Lei nº 5.248 de 27 de janeiro de 2011*. Institui a Política Municipal sobre Mudança do Clima e Desenvolvimento Sustentável, dispõe sobre o estabelecimento de metas de redução de emissões antrópicas de gases de efeito estufa para o Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4600307/4117400/lei_compl_111.pdf Acesso em agosto de 2019.

_____. *Resolução SMAC 478 de 2010*. (Revogado pela Resolução SMAC Nº 549 DE 30/01/2014) Define os procedimentos de Licenciamento Ambiental e cria o Cadastro de Subestações de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=178762> Acesso em agosto de 2019.

_____. *Resolução SMAC 550 de 2014*. Define a Diretriz SMAC para a realização de Auditoria Ambiental. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?id=6757428> Acesso em agosto de 2019.

_____. *Resolução SMAC 606 de 2015*. Estabelece parâmetros ambientais para a implantação e o funcionamento de Subestações de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?id=6757428> Acesso em agosto de 2019.

_____. *Resolução SMAC 623 de 2016*. Estabelece parâmetros para o licenciamento ambiental das Centrais de Geração de Energia Elétrica. (Substitui a Resolução SMAC 537/2013). Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?id=6757428> Acesso em agosto de 2019.

SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTANA, E., CUNHA, K. B., FERREIRA, A. L., ZAMBONI, A.; *Padrões de qualidade do ar – Experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia*. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012.

UNFCCC - *Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, 2010*. Disponível em: <https://unfccc.int/> Acesso em setembro de 2019.