

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA,
ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE TEORIA ECONÔMICA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

CAIO EMANUEL BRAGA XAVIER

**ESTIMATIVA DA BIOMASSA VEGETAL E CARBONO DA ÁREA
DO PARQUE ESTADUAL DO COCÓ**

FORTALEZA

2022

CAIO EMANUEL BRAGA XAVIER

ESTIMATIVA DA BIOMASSA VEGETAL E CARBONO DA ÁREA DO
PARQUE ESTADUAL DO COCÓ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para a obtenção do título de Graduado em
Ciências Econômicas.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Júlio Ramon Teles da Ponte
(Orientador)

Prof. Dr. Fábio Maia Sobral

Prof. Dr. Carlos Américo Leite Moreira

Fortaleza, 20 de abril de 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

X18e Xavier, Caio Emanuel Braga.
 Estimativa da biomassa vegetal e carbono da área do Parque Estadual do Cocó / Caio Emanuel Braga Xavier. – 2022.
 39 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências Econômicas, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Júlio Ramon Teles da Ponte.

1. Carbono. 2. Balanço ambiental. 3. Bioma. 4. Ecologia. 5. Biomassa. I. Título.

CDD 330

Dedico este trabalho aos meus pais, que são a razão de eu não desistir e sonhar, buscando dias melhores e a todos os meus grandes mestres nessa jornada que perdurou por longos cinco anos onde houve muitas trocas, trocas estas que me acresceram não somente como profissional que já estou me tornando, mas, como pessoa, sendo mais humano, mais cauteloso com a vida do próximo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me auxilia continuamente em situações diversas me guiando sabiamente nos bons caminhos, pelo dom da vida, por me fazer compreender que eu posso tudo quando ele está ao meu lado e luto pelo que é correto.

Aos meus pais por estarem ao meu lado me dando forças continuamente e por me fazer acreditar que posso ser uma pessoa melhor a cada dia.

À família que acreditou que eu seria capaz.

Aos amigos e amigas, parceiros e parceiras da caminhada e aos demais colegas de classe, por dividirmos aprendizados, compartilharmos situações diversas, (risos, anseios, tristezas), sempre na certeza de que chegaríamos a esse momento.

RESUMO

O conhecimento atualmente existente para a estimativa da distribuição e da quantificação da biomassa de um determinado local tem como principal premissa a realização de medições. Tais medições são realizadas no solo, onde uma amostra de pequena magnitude é coletada, a partir de concepções iniciais de seu potencial em oferecer os resultados relevantes à análise. Além dessa possibilidade, modelos matemáticos são utilizados para a realização de tais medições, muitas vezes devido às dificuldades em se ter equipamentos disponíveis para a realização de tais medições. Dentro deste modelo matemático, busca-se mensurar o balanço global que o carbono possui dentro do bioma estudado, avaliando se o mesmo vem sendo retido ou emitido pelo bioma em questão. O presente estudo trata sobre sequestro de carbono. Assunto debatido corriqueiramente nas universidades e, atualmente, com maior vigor na sociedade em geral. Desta forma, tal pesquisa analisou o Parque Estadual do Cocó, no intuito de mostrar a quantidade de biomassa vegetal presente na área e a quantidade de carbono aprisionado por essa vegetação. Vale ressaltar que se foi utilizado do Sistema de Geoinformação (SIG) para a análise da área, sendo este caracterizado por um conjunto de ferramentas computacionais para Geoprocessamento.

Palavras-chave: Carbono. Balanço ambiental. Bioma. Ecologia. Biomassa.

ABSTRACT

The current knowledge for estimating the distribution and quantification of biomass in a given location has as its main premise the realization of measurements. Such measurements are carried out on the ground, where a small magnitude sample is collected, based on initial conceptions of its potential to provide relevant results for analysis. In addition to this possibility, mathematical models are used to carry out such measurements, often due to the difficulties in having equipment available to carry out such measurements. Within this mathematical model, we seek to measure the global balance that carbon has within the studied biome, assessing whether it has been retained or emitted by the biome in question. The present study deals with carbon sequestration. Subject debated routinely in universities and, currently, with greater vigor in society in general. Thus, this research analyzed the Parque Estadual do Cocó, in order to show the amount of plant biomass present in the area and the amount of carbon trapped by this vegetation. It is worth mentioning that the Geoinformation System (GIS) was used to analyze the area, which is characterized by a set of computational tools for Geoprocessing.

Key-words: Carbon. Environmental balance. Biome. Ecology. Biomass.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. O HISTÓRICO DA PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL NO MUNDO.....	16
3. APRESENTAÇÃO DO PARQUE DO COCÓ.....	19
4. A IMPORTÂNCIA DO PARQUE DO COCÓ PARA O SEQUESTRO DE CARBONO NA CIDADE DE FORTALEZA.....	29
5. RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO: O CÁLCULO DA QUANTIDADE DE CARBONO RETIDO NO PARQUE DO COCÓ.....	34
6. CÁLCULO ECONÔMICO DA RETENÇÃO DE CO ₂	36
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37

1. INTRODUÇÃO

Diante a várias manifestações da natureza deletérias (desastres naturais), denotando aspectos reativos há tempos ante às ações antrópicas do *homo sapiens*, ainda se enxerga pouca atuação do homem para a redução do consumo de bens e serviços que afetam o meio ambiente. Como é retratado em vários espaços da mídia mundial e estudos empíricos, os seres humanos continuam agindo de forma tal a consumir sem precedentes ou, até mesmo, sem atenuar as ações, ameaçando os limites sustentáveis do planeta. Vale ressaltar que com o advento da explosão populacional, acontecida no início do século XX, conforme o quadro abaixo, a extração de bens e, conseqüentemente, de serviços advindos da natureza aumentou-se exponencialmente.

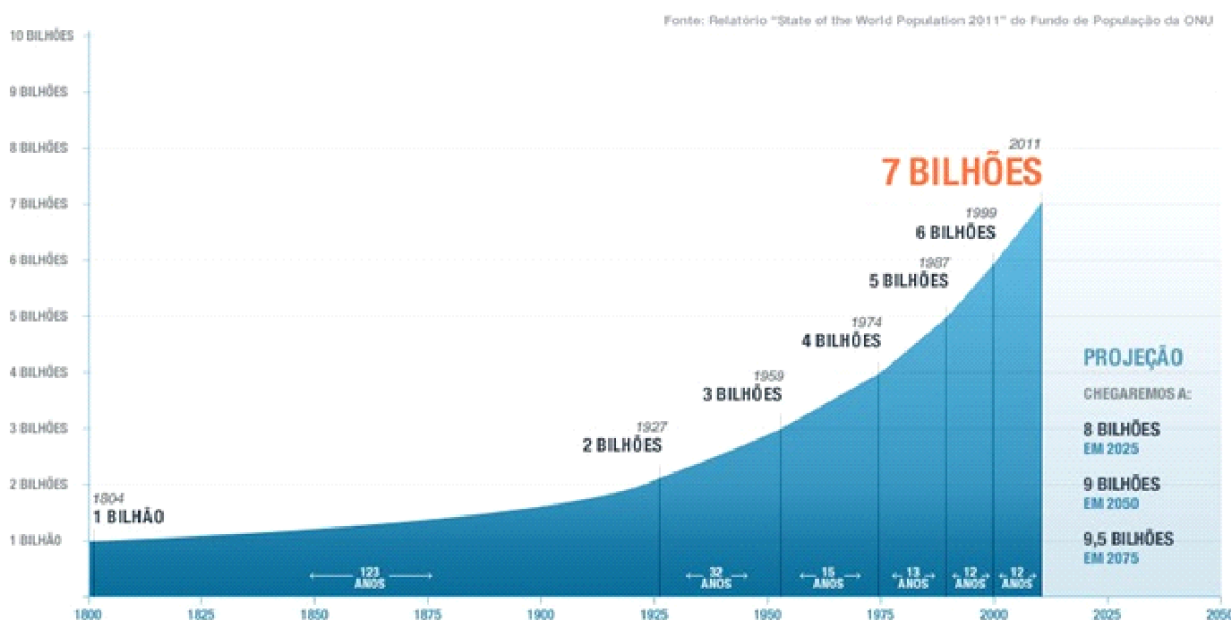


Figura 1 – Projeção da população mundial
Fonte: ONU (2022)

Segundo Cidin e Silva (2004),

Tais pressões exercidas no meio ambiente têm, na sua maior parte, sua origem nas cidades. Essas, resultado das atividades antrópicas no meio natural, impactam de forma intensa o meio ambiente, e, de forma geral, não exercem a função de sustentar uma sociedade em equilíbrio com a natureza. Elas se sustentam apropriando-se de áreas muitas vezes maiores à sua área urbana

para obterem os recursos e disporem os resíduos gerados, produzindo déficits ecológico e grande pressão sobre os estoques de capital natural (CIDIN E SILVA, p. 2).

Nesse cenário, a conscientização em termos de responsabilidade ambiental, para além de um papel individual, que concretamente é salutar, é importante ressaltarmos a questão sistemática global. Com isso, partindo do específico para o geral (homens para modelo econômico), é percebido o quanto tal modo de produção vigente impacta de forma agressiva a natureza, afinal, converte-se muito dos bens e serviços extraídos da natureza em lucro que são revestidos na forma de resíduos.

A partir do modelo econômico empregado na sociedade moderna, o capitalismo (neoliberalismo ou social-democracia, dependendo do país) demonstra um comportamento de imposição de suas demandas econômicas acima dos limites ambientais sustentáveis. Dentro deste contexto, portanto, há a desconsideração da perspectiva de sustentabilidade.

Exemplos que podem ser considerados remetem às grandes potências mundiais, dentre elas os Estados Unidos e a China. Ambas as potências econômicas, normalmente, agem de forma contrária ao que se é proposto nos tratados para a redução de impactos ambientais na Terra.

O Protocolo de Kyoto, por exemplo, estabeleceu um sistema rigoroso de monitoramento, revisão e verificação, bem como um sistema de conformidade para garantir a transparência e responsabilização dos países signatários. De acordo com o Protocolo, as emissões reais dos países devem ser monitoradas e devem ser mantidos registros precisos dos negócios realizados.

De acordo com a COP21, o aquecimento futuro do clima é inevitável por muitos anos devido aos gases de efeito estufa já adicionados à atmosfera e ao calor que foi absorvido pelos oceanos ao longo dos séculos XX e XXI. Em tal evento, foi discutido que as emissões contínuas de gases de efeito estufa causarão um aquecimento adicional do sistema climático além do que já é inevitável devido às emissões passadas. O entendimento sustentado e formalizado entre as nações participantes foi de que o aquecimento contínuo aumentará os riscos para a sociedade mundial, atingindo não só a economia como também os ecossistemas e a vida selvagem ao longo do século 21 e gerações subsequentes (WWF, 2020).

Então, de acordo com os dados do WWF (2020), pode-se perceber que tanto a China como os EUA não seguiram os compromissos assumidos nesses encontros, se mantendo como as nações mais poluidoras do planeta. Isso porque tais nações mantiveram como principal fonte energética os combustíveis fósseis, mostrando pouca preocupação com as reações que estas práticas geravam na natureza (efeito estufa, aquecimento global, tufões, tempestades, seca, desertificação, entre outros). Aliado a isso, tem-se que a forte industrialização destes dois países acabam por emitir um dos principais poluentes na atmosfera: o dióxido de carbono (CO₂). Segundo C & T Brasil apud Barreto et al. (2009):

O gás dióxido de carbono (CO₂), um dos compostos lançados na atmosfera pelo homem, é produzido em todas as partes do planeta, principalmente pela queima de combustíveis derivados do petróleo e pela produção de cimento (75% do total de emissões); os processos de uso da terra, sobretudo nos desmatamentos e nas queimadas, são responsáveis por grande parte dos 25% restantes. (BARRETO et al., 2009, p.1)

Barreto et al. (2009) ainda afirma que o dióxido de carbono é um dos gases de efeito estufa de maior impacto no meio ambiente atualmente. Isso devido às suas propriedades de absorção da luz infravermelha do sol, gerando assim o aumento da energia térmica da atmosfera. Com a contribuição dos pesquisadores, percebe-se que os dois países supracitados estão atuando de forma ativa para o aumento do efeito estufa e outros problemas ambientais no mundo.

Como supracitado, todos os países têm a sua contribuição na produção de CO₂, com o Brasil não é diferente, porém seu impacto não está diretamente vinculado ao uso de combustíveis fósseis. Dentro do ciclo de carbono sustentado pela economia brasileira, tem-se que os processos de uso da terra têm um grande impacto na emissão de carbono, tendo como principal causador a produção agrícola. Segundo Barreto et al. (2009),:

(...)no Brasil a maior parcela das emissões líquidas estimadas de CO₂ é proveniente da mudança no uso da terra, em particular da conversão de florestas para uso agropecuário. Em função da elevada participação de energia renovável na matriz energética brasileira, pela geração de eletricidade a partir de hidrelétricas, pelo uso de álcool no transporte e bagaço de cana-de-açúcar e carvão vegetal na indústria, a parcela das emissões de CO₂ pelo uso de combustíveis fósseis é relativamente pequena. (BARRETO et al., 2009, p.4)

O gráfico do Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas - PNMC aponta o tamanho da diferença entre as fontes de emissão de CO₂, em que no caso do Brasil, mais de 70% das emissões de dióxido de carbono advêm do setor “Mudança por uso da Terra”, sobretudo pela dinâmica do agronegócio brasileiro.

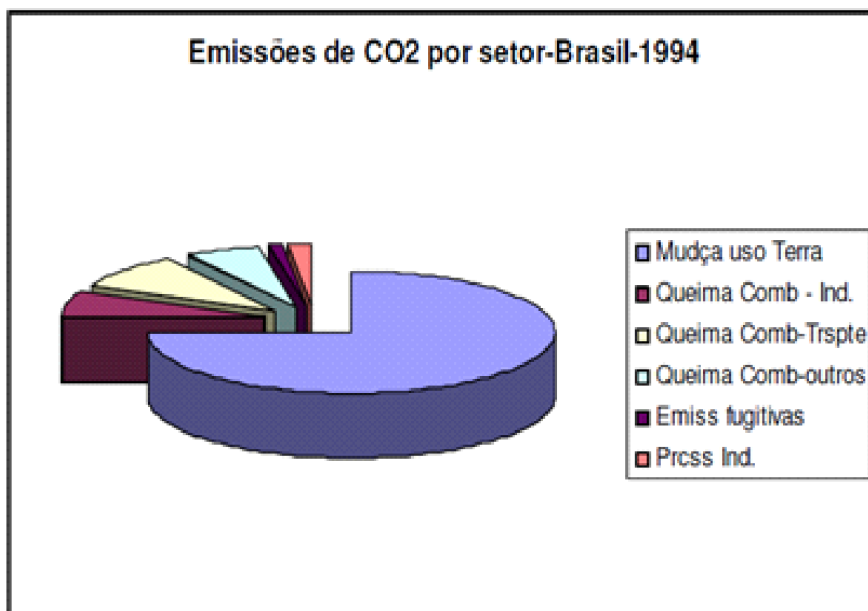


Figura 2 – Emissões de CO₂ por atividade em 1994
Fonte: PNMC (2008)

Conforme pode ser observado na Figura 2, tem-se que as atividades que demandam a utilização do solo, mais especificamente as atividades agrícolas, há o maior impacto dentro das emissões de CO₂ experimentadas pelas atividades econômicas no Brasil, por volta de 75% de tais emissões. Para as demais atividades econômicas desenvolvidas pelo Brasil, tem-se que o impacto das mesmas se mostram proporcionais entre elas, representando aproximadamente 25% do total de emissões geradas pela economia brasileira.

Diante deste contexto, tem-se que as práticas de estimativas de biomassa de ambientes mostram-se um instrumento capaz de proporcionar a mensuração do nível de emissão de CO₂ por meio do balanço de carbono de um determinado espaço pré definido. Assim, torna-se possível identificar se o ambiente em questão está sendo ambientalmente benéfico ou maléfico no que tange a emissão de gases de efeito estufa, especificamente em relação à quantidade de carbono emitido pelo mesmo.

Ademais, é interessante para o presente trabalho a conceitualização do crédito de carbono, sendo esse uma ferramenta de mercado que visa incentivar a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Basicamente, funciona da seguinte forma: um país, empresa ou outra entidade que emite GEE pode comprar créditos de carbono de outra entidade que reduziu suas emissões abaixo de um nível pré-determinado. Com isso, a entidade que emite GEE pode compensar parte de suas emissões e atingir suas metas de redução a um custo menor do que seria possível se tivesse que reduzir suas próprias emissões.

Apesar de ser vista como uma ferramenta importante na luta contra as mudanças climáticas, o crédito de carbono também é alvo de críticas. Uma das principais críticas é que o sistema é vulnerável a fraudes e manipulações, já que é difícil medir com precisão as emissões de GEE e a redução efetiva dessas emissões. Além disso, há críticas sobre a efetividade do crédito de carbono na redução das emissões globais de GEE, já que o sistema não aborda a causa raiz do problema, que é a dependência de combustíveis fósseis para a geração de energia.

Outra crítica importante é que o crédito de carbono pode criar uma falsa sensação de que as emissões de GEE estão sendo controladas, o que pode desencorajar a adoção de medidas mais efetivas para combater as mudanças climáticas. Além disso, há críticas sobre a justiça ambiental do sistema, já que os países e comunidades mais pobres podem sofrer mais com os impactos das mudanças climáticas, mesmo que não sejam responsáveis pelas emissões de GEE.

- **DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Em termos de seleção da amostra para o nosso estudo, optamos por considerar a cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará. Considerando as emissões de CO₂ do Estado do Ceará, tem-se que a mesma apresenta uma influência proporcional ao potencial agropecuário do estado. De acordo com IBGE (2021), o estado do Ceará tem como principal produto agrícola a produção de milho, tomate e fruticultura.

Na cidade de Fortaleza, o avanço da urbanização não planejada contribui decisivamente para as alterações em termos de emissão de CO₂. Segundo Ponte apud Sales (2010):

No início da década de 1950 os fortalezenses se deparam com os problemas provocados pela civilização dos automóveis que naquela época chegavam a 4 mil veículos. A situação era precária principalmente nas ruas principais onde se localizava a maior parte do comércio. Algumas medidas são tomadas como o fechamento da Rua Guilherme Rocha da circulação de veículos, ainda assim as medidas não foram suficientes para as necessidades da população. A partir do final da década de 1960 foi elaborado o Plano de Desenvolvimento da Região Metropolitana (PLANDIRF) ao final da gestão do então Prefeito José Walter. Até essa época é observada uma diminuta pressão a respeito dos recursos ambientais" (PONTE apud SALES, 2010, p.19)

E o que se iniciou como "diminuto" tomou grandes proporções. Segundo Sales (2010), atualmente, o meio ambiente sofre consequências graves devido ao não planejamento deste desenvolvimento. Ainda de acordo com Sales (2010), as consequências do não planejamento da cidade afeta diretamente a maior bacia hidrográfica da cidade: a bacia hidrográfica do rio Cocó. Segundo Sales, em seu estudo sobre as lagoas de Fortaleza, ele denota que:

"As lagoas pesquisadas pertencem à bacia hidrográfica do rio Cocó, e são exemplos típicos de degradação ambiental provocado pelo crescimento populacional e falta de atitude dos governantes perante a legislação ambiental aplicada. Apresentando impactos em função da ocupação irregular em suas Áreas de Preservação Permanente - APP e fontes de poluições pontuais e/ou difusas (SALES, 2010, p.80).

Por conta dessas afirmações, percebe-se que o Cocó tem grande importância para a cidade de Fortaleza. Tanto no aspecto visual, sua beleza natural, mas, principalmente, em relação a sua capacidade hídrica, vegetação e sensação de bem-estar proporcionada aos seus contempladores e visitantes. A partir disso, neste trabalho serão avaliados a quantidade de biomassa vegetal na área do Cocó e, em seguida, a quantidade de carbono sequestrado por esta vegetação.

- PROBLEMA DE PESQUISA

Considerando a abordagem dada até o presente momento, tem-se que este estudo tem como objetivo responder ao seguinte questionamento: quais os efeitos que

o Parque do Cocó proporciona ao meio ambiente no que tange a emissão de CO₂ na atmosfera no Estado do Ceará?

- OBJETIVO GERAL

Para responder ao questionamento especificado anteriormente, tem-se que este estudo tem como objetivo geral mensurar qual a contribuição que o Parque do Cocó possui dentro da emissão de CO₂ na atmosfera no estado do Ceará.

- OBJETIVO ESPECÍFICO

Para a mensuração do objetivo geral será necessário: a constituição de uma retrospectiva histórica da constituição do Parque do Cocó, englobando para além de seus aspectos históricos, a legislação que regulamenta o parque; verificação junto aos órgãos de controle, sobretudo a Semace, as atuais políticas implementadas para a preservação do parque do Cocó; constituir metodologia com base no Sistema de Geoinformação (SIG) para mensurar a quantidade de CO₂ retida pelo Parque do Cocó, verificando essa relevância para a cidade de Fortaleza.

- JUSTIFICATIVA

Como justificativa para a realização deste estudo, tem-se que o conhecimento acerca do sistema de sequestro de CO₂ de locais com grande potencial de emissão tende a tornar a atual sociedade mais sustentável através da aplicação de uma forte política e leis para o controle de emissões. No entanto, tal prática nem sempre é reconhecida tanto pela iniciativa privada quanto pelo poder público, o que acaba dificultando a inovação das políticas ambientais para uma realidade mais compromissada com a minimização das consequências para a sociedade no que se refere ao efeito estufa.

- **METODOLOGIA**

- **CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

De acordo com Yin (2014), temos que:

Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2014, p. 33).

Logo, visto que a pesquisa irá realizar uma investigação sobre a quantidade de carbono retida pelo Parque do Cocó, classifica-se a sua natureza como um estudo de caso, já que se investiga um fenômeno atual em seu contexto real.

- **CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS OBJETIVOS**

O método utilizado na pesquisa será o descritivo, onde segundo Castro (1976):

Quando se diz que uma pesquisa é descritiva, se está querendo dizer que se limita a uma descrição pura e simples de cada uma das variáveis, isoladamente, sem que sua associação ou interação com as demais sejam examinadas (CASTRO, 1976, p. 66).

Portanto, dado que a pesquisa descreverá de forma clara a estimativa da quantidade de CO₂ retida pelo Parque do Cocó, bem como a estimativa de sua biomassa vegetal, considera-se a pesquisa como descritiva.

- **CLASSIFICAÇÃO QUANTO À ABORDAGEM DO PROBLEMA**

A abordagem que será dada para esta pesquisa é a qualitativa, onde de acordo com Triviños (2009) a pesquisa qualitativa possibilita:

[...] uma espécie de representatividade do grupo maior dos sujeitos que participarão no estudo. Porém, não é, em geral, a preocupação dela a quantificação da amostragem. E, ao invés da aleatoriedade, decide intencionalmente, considerando uma série de condições (sujeitos que sejam essenciais, segundo o ponto de vista do investigador, para o esclarecimento do assunto em foco; facilidade para se encontrar com as pessoas; tempo do indivíduo para as entrevistas, etc.) (TRIVIÑOS, 2009, p.132).

Logo, visto que a pesquisa considera, para realizar a estimacão, o mangue branco como a espécie base para a realizao do cálculo da Biomassa Vegetal da Area (BVA), ela se classifica em relao à abordagem do problema como uma pesquisa qualitativa.

- CLASSIFICAO QUANTO AOS PROCEDIMENTOS

Segundo a visão de Zikmund (2010), uma pesquisa exploratória possibilita um diagnóstico do contexto que proporciona a descoberta de novas alternativas ou ideias. Portanto, o autor enfatiza que esse tipo de pesquisa possui uma grande importância devido ao fato de que, por mais que o pesquisador já possua conhecimentos prévios acerca do problema em questão, a pesquisa exploratória permite que alternativas que até eram desconhecidas do autor possam ser identificadas e incorporadas ao problema. Portanto, dado que a pesquisa explora diversas fontes de dados para a realizao da estimacão de reteno de CO₂ no Parque do Cocó, pode-se considerar que a sua classificao quanto aos procedimentos  exploratória.

- COLETA DE DADOS

Para a identificao de problemas dentro do objeto deste estudo, visto há coleta de informaes relevantes para os cálculos de reteno do CO₂ em distintas base de dados, Thiollent (2011) define pesquisa-ao como:

[...] um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associao com a ao ou com resoluo de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situao ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 2011, p. 16).

- TRATAMENTO DOS DADOS

Segundo Bardin (2011), essa análise pode ser classificada como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicaes visando a obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrio do conteúdo de mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condies de produo/recepo (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 42).

Logo, visto que a pesquisa realiza uma série de cálculos para obter o valor estimado de CO₂ retido pelo Parque do Cocó, é fundamental na metodologia do trabalho a utilização de tratamento dos dados.

- **LIMITAÇÕES DA PESQUISA**

O estudo de caso pode determinar uma coleta de informações que está sujeita ao erro, o que conseqüentemente pode acarretar numa propagação dos mesmos durante o desenvolvimento do estudo e, conseqüentemente, para outros leitores. Diante desse contexto, Gil (2010) propõe a seguinte ação para minimizar essa possibilidade:

Para reduzir essa possibilidade, convém aos pesquisadores assegurarem-se das condições em que os dados foram obtidos, analisar em profundidade cada informação para descobrir possíveis incoerências ou contradições e utilizar fontes diversas, cotejando-as cuidadosamente” (GIL, 2010, p. 30).

Portanto, o estudo tem como fundamento de sua metodologia a limitação da pesquisa, para que a estimativa de retenção de CO₂ por parte do Parque do Cocó seja assertiva. Logo, fontes distintas de informações foram consideradas durante a elaboração do trabalho.

2. O HISTÓRICO DA PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL NO MUNDO

A Revolução Industrial, ocorrida por volta do século XVIII, teve como característica a transição da manufatura para a indústria mecânica, o que gerou aumento expressivo da produção. Entretanto, não foi apenas a produção econômica que teve impacto, o meio ambiente também nunca mais foi o mesmo. De acordo com a Unesco (1993), foi apenas no final da década de 1960 e início da de 1970 que a questão ambiental se tornou relevante na discussão política, quando precisamente no ano de 1968 a Unesco (United Nations Educational, Scientific and Cultural

Organization) realizou um encontro internacional para discutir a realização racional e conservação dos recursos, surgindo o programa “Man and Biosphere”, ou em português “O Homem e a Biosfera”.

No ano de 1972, o Clube de Roma publicou uma importante obra de nome “The Limits of Growth”, ou em português “Os limites do Crescimento”. A publicação fortalece um novo pensamento na sociedade, alertando para problemas de energia, saneamento, poluição, saúde, ambiente e crescimento populacional (Magrini, 2001). No mesmo ano, ocorreu a Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, tendo como sugestão um novo paradigma de desenvolvimento, batizado de “Ecodesenvolvimento”. Tal conceito buscaria conciliar a justiça social, prudência ecológica e o desenvolvimento econômico.

Já no ano de 1977, ocorreu a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, outro evento de grande importância para a discussão ambiental. O encontro ocorreu na cidade de Tbilisi, na antiga União Soviética, fruto da colaboração entre Unesco e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) e teve como principal missão a elaboração de princípios, estratégias e ações orientadoras para a educação ambiental no mundo.

A reunião da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no ano de 1982, foi outro importante momento histórico na discussão ambiental global. A data celebrava justamente os dez anos da conferência de Estocolmo e originou no ano seguinte a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Já em 1985, ocorreu na Áustria a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio, que junto ao Protocolo de Montreal, em 1987, prescrevem padrões para a redução de forma progressiva de produtos nocivos à camada de ozônio. (Hogan, 2007)

O “Relatório Brundtland”, publicado em 1987, durante a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, determinou a necessidade de uma conferência global para o estabelecimento de uma nova forma de relação com o meio ambiente. Logo, em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Cnumad), batizada de “Rio-92” ou “Cúpula da Terra”, culminando com a publicação de documentos sobre as preocupações com a questão ambiental (Hogan, 2007). Avançando historicamente chega-se no ano

de 1997, quando ocorreu a assinatura do Protocolo de Quioto, sendo esse um importante momento histórico na questão ambiental mundial, o tratado, consiste no comprometimento dos países signatários na busca da redução das emissões de gases do efeito estufa.

Recentemente, vale-se destacar a Conferência das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (COP) 21, realizada em Paris no ano de 2015, onde através do Acordo de Paris ficou definidas as medidas para a redução dos efeitos das mudanças climáticas, entre elas a redução da produção de carbono.

Ademais, vale destacar dentro do histórico da preocupação ambiental no mundo a temática do Decrescimento Econômico. Ela tem sido cada vez mais discutida na sociedade contemporânea, em um contexto de crise ambiental e desigualdades sociais crescentes. Dentre os principais autores que defendem essa abordagem, destaca-se Serge Latouche¹, que propõe uma crítica radical ao modelo econômico baseado no crescimento ilimitado e na busca incessante pelo lucro.

Segundo Latouche, a ideia de crescimento econômico infinito é insustentável em um planeta finito, e a busca pelo crescimento constante tem levado a uma degradação ambiental cada vez mais grave, além de uma crescente desigualdade social. Para ele, é necessário repensar radicalmente a economia, adotando uma abordagem mais equilibrada e sustentável, baseada no decrescimento.

O decrescimento econômico proposto por Latouche não significa um retrocesso ou uma volta à Idade Média, mas sim uma mudança radical no modelo econômico atual. A ideia é construir uma economia que seja voltada para as necessidades reais das pessoas e do planeta, e não apenas para o lucro e o crescimento constante. Isso implica em uma redução significativa do consumo e da produção, buscando-se um equilíbrio entre as demandas humanas e os limites da natureza.

Uma das principais críticas ao modelo atual de crescimento econômico é que ele tem levado a uma crescente desigualdade social, uma vez que os benefícios desse crescimento são concentrados nas mãos de poucos, enquanto a maioria da população

¹ Serge Latouche é um economista francês conhecido por suas críticas ao desenvolvimento econômico, colonialismo e consumismo. Ele é um defensor do "decrescimento", que propõe uma redução da produção econômica e do consumo material em sociedades desenvolvidas, em prol da sustentabilidade e felicidade humana.

fica à margem desse processo. Para Latouche, o decrescimento econômico pode ser uma resposta a essa desigualdade, uma vez que busca criar uma economia mais justa e equilibrada, possibilitando garantir uma qualidade de vida adequada para todos.

O decrescimento econômico proposto por Latouche também leva em consideração a dimensão cultural, e não apenas a econômica e ambiental. Ele argumenta que o crescimento econômico constante tem levado a uma uniformização cultural, em que a diversidade cultural e a criatividade são suprimidas em prol da homogeneização. O decrescimento econômico, por sua vez, busca valorizar a diversidade cultural e promover a criatividade, reconhecendo a importância da cultura na construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

Em resumo, o decrescimento econômico proposto por Serge Latouche é uma crítica radical ao modelo econômico atual, baseado no crescimento constante e ilimitado. A ideia é construir uma economia mais justa, equilibrada e sustentável, que possa atender às necessidades reais das pessoas e do planeta, sem comprometer sua capacidade de sustentar a vida. Para isso, é necessário repensar radicalmente nossa relação com o consumo, a produção, a natureza e a cultura, buscando-se um equilíbrio entre esses elementos fundamentais da existência humana.

3. APRESENTAÇÃO DO PARQUE DO COCÓ

- **DESCRIÇÃO DO PARQUE DO COCÓ**

O Rio Cocó faz parte da bacia dos rios do litoral leste cearense, tendo sua bacia hidrográfica uma área de aproximadamente 485 km², com um comprimento total do rio principal de cerca de 50 km. A preservação do ambiente natural da área de influência do Rio Cocó, passa a ser objetivo de grupos da sociedade civil e de governos estaduais e municipais, principalmente seu trecho inserido no Município de Fortaleza. Dessa forma, o governo estadual através do DECRETO Nº 20.253, de 05 de setembro de 1989 declarou de interesse social para fins de desapropriação as áreas de terra que

indicam compreendidas no contorno do Projeto do Parque Ecológico do Cocó. Já o DECRETO N° 22.587, 08 de junho de 1993, declarou de interesse social, para fins de desapropriação, as áreas destinadas a ampliação do Parque Ecológico do Cocó (SEMACE, 2020).

A área do Parque Ecológico do Cocó abrangida pelos decretos compreende o trecho da BR-116 à foz do Rio Cocó, localizado no Município de Fortaleza, Estado do Ceará, perfazendo um total de 1.155,2 hectares. O Parque Ecológico do Cocó está em processo de adequação ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, Lei Federal n° 9985, de 18 de julho de 2000, com proposta de denominação de Parque Estadual do Cocó (SEMACE, 2020).

- JUSTIFICATIVA DE CRIAÇÃO DA LEGISLAÇÃO

Proteger e conservar os recursos naturais existentes, de forma a recuperar e manter o equilíbrio ecológico necessário à preservação da área terrestre e aquática, bem como propiciar condições para atividades de educação, recreação, turismo ecológico e pesquisa científica. A criação do parque também objetiva proporcionar o contato direto da população com o ambiente natural, envolvendo-a nas suas ações de preservação e controle, despertando o espírito conservacionista das populações ribeirinhas.

- CARACTERÍSTICAS GERAIS

O Rio Cocó nasce na vertente oriental da Serra da Aratanha e nos seus 50 km de percurso passa por três municípios: Pacatuba, Maracanaú e Fortaleza, para desaguar no Oceano Atlântico, nos limites das praias do Caça e Pesca e Sabiaguaba. A área total do parque está inserida apenas no Município de Fortaleza e inclui as áreas de maior fragilidade do ponto de vista ambiental (SEMACE, 2020).

No parque, podemos identificar várias unidades geoambientais, tais como: planície litorânea, planície fluviomarina e superfície dos tabuleiros litorâneos. A planície litorânea está caracterizada por duas feições geomorfológicas distintas, mas intrinsecamente relacionadas: às praias e as dunas fixas e móveis (SEMACE, 2020).

A planície fluviomarinha, ocupa desde os trechos do rio localizados na BR-116 até a sua foz, onde forma um estuário. Nessas áreas, pelas condições adversas, com alta salinidade da água e do solo, níveis muito baixos de oxigênio no solo, frequentes inundações pela maré alta, as espécies vegetais mais dominantes são os mangues *Rhizophora mangle* L, *Avicenia Schaveriana* Stapf. e Leech, e *Laguncularia racemosa* (SEMACE, 2020).

O manguezal do Rio Cocó em seus trechos preservados forma uma mata de mangues de rara beleza, situado no coração de Fortaleza onde várias espécies de moluscos, crustáceos, peixes, répteis, aves e mamíferos compõem cadeias alimentares com ambientes propícios para reprodução, desova, crescimento e abrigo natural (SEMACE, 2020).

- **ATIVIDADES PROIBIDAS**

Dentre as atividades passíveis de fiscalização dos órgãos ambientais como totalmente proibidas de serem exercidas dentro do parque, Semace (2020) destacam as seguintes:

- Na zona de amortecimento, a implantação ou ampliação de quaisquer tipos de construção civil sem o devido licenciamento ambiental;
- Supressão de vegetação e uso do fogo;
- Atividades que possam poluir ou degradar o recurso hídrico, como também o despejo de efluentes, resíduos sólidos ou detritos capazes de provocar danos ao meio ambiente;
- Tráfego de veículos no interior do parque;
- Intervenção em áreas de preservação permanente, como: margens do rio, campo de dunas e demais áreas que possuem restrições de uso;
- Pesca predatória;
- Uso de veículos náuticos motorizados, salvo para fins de interesse público;
- Demais atividades danosas previstas na legislação ambiental

- PROBLEMAS AMBIENTAIS

De acordo com Semace (2020), dentre os problemas ambientais de maior expressão que envolvem o parque em questão, podem ser destacados os seguintes:

- Ações judiciais contra o Estado do Ceará requerendo indenizações em função dos decretos de desapropriação;
- Ocupações irregulares e invasões em área de preservação permanente;
- Projeto de construção da ponte sobre o Rio Cocó;
- Disposição de resíduos sólidos;
- Estações de Tratamento de Esgoto da Lagoa da Zeza, Lagamar e Dendê e lagoa de estabilização do Tancredo Neves;
- Lançamento de efluentes de ligações clandestinas

- GESTÃO DO PARQUE

A gestão do parque é de responsabilidade da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Ceará. O Parque possui três áreas disponíveis para atividades de lazer, esporte e cultura, onde de acordo com Semace (2020) são:

- Parque Ecológico do Cocó: área urbanizada com anfiteatro, quadras esportivas, pistas para Cooper, dois parques infantis; promoção de shows e eventos, competições esportivas, trilhas ecológicas e educação ambiental;
- Parque Adhail Barreto: área administrada pela Prefeitura Municipal de Fortaleza, com Núcleo de Conscientização ambiental, playground, promoção de eventos culturais e artísticos, bem como educação ambiental, pista de Cooper e trilha ecológica;
- Área urbanizada do Tancredo Neves: Após remoção de famílias em áreas do parque, o governo do estado implantou na área, duas quadras esportivas, campos de futebol, pistas para Cooper, ciclovias, praças e áreas de brinquedos.

Ainda de acordo com Semace (2020), dentre as parcerias envolvidas na administração do parque, podem ser citadas as seguintes:

- Câmara Técnica do Cocó, criada pela Resolução COEMA n° 08/2003, em 27/03/2003;
- Companhia de Polícia Militar Ambiental – CPMA;
- Prefeitura Municipal de Fortaleza;
- Associações Comunitárias;
- Comitê Gestor da Sociedade Civil do Cocó;
- ONG's;

Dentre as atividades de gestão do parque, pode-se separar as mesmas em atividades consideradas permanentes, por serem inerentes ao funcionamento do parque; e aquelas consideradas sazonais, onde as mesmas ocorrem de acordo com a demanda ou interesse de quem deseje realizá-las. Ainda há as atividades programadas, sendo aquelas que possuem certa convergência com as atividades sazonais e, ao mesmo tempo, com atividades que se encaixam como promocionais do próprio parque (SEMACE, 2020).

Dentre as atividades de conservação consideradas permanentes, Semace (2020) menciona:

- Monitoramento de 07 pontos de degradação do rio Cocó, da nascente a foz, incluindo os principais contribuintes;
- Acompanhamento dos serviços de recuperação, conservação e manutenção do Parque;
- Licenciamento ambiental, nas áreas de amortecimento do Parque;
- Realização de campanhas educativas/informativas junto às escolas, comunidades locais e população flutuante;
- Palestras educativas nas escolas e associações comunitárias localizadas nas áreas adjacentes do Parque;

- Agendamento de visitas monitoradas para grupos de escolas, empresas e turistas;
- Autorizações e Licenciamento ambiental para eventos artísticos, culturais e esportivos no parque.

Por outro lado, ainda de acordo com Semace (2020), em relação às atividades sazonais de preservação, pode-se citar as seguintes:

- Elaboração do Documento “Proposta de Proteção, Conservação e Recuperação do Rio Cocó;
- Campanhas Educativas: Abertura da Semana Nacional da Árvore, Dia Nacional do Meio Ambiente e Dia Nacional de Limpeza de Praias, Rios, Lagos e Lagoas;
- Limpeza do Rio Cocó em parceria com a Prefeitura Municipal de Fortaleza e o DER;
- Limpeza do entorno do parque nos canteiros centrais e avenidas em parceria com a Prefeitura Municipal de Fortaleza e o DER;
- Reuniões da Câmara Técnica do Cocó;
- Sinalização das trilhas ecológicas;
- Recuperação dos equipamentos e mobiliário do parque;
- Delimitação “in loco” da área do Parque Estadual do Rio Cocó;
- Obras de recuperação dos passeios;
- Projeto Domingo no Parque;
- Projeto de revitalização do Rio Cocó;
- Repovoamento do estuário do Rio Cocó;
- Implantação de um laboratório de larvicultura;
- Recomposição vegetal de algumas áreas do manguezal e mata ciliar;
- Obra de cercamento do entorno do parque;
- Obra de urbanização do entorno do parque;
- Identificação e manejo de espécies vegetais exóticas e invasoras;
- Projeto cultural Férias no Ceará;
- Projeto Superação no Cocó;

- Centro de Treinamento de Vôlei de Praia.

Por fim, considerando mais uma vez dados colhidos junto à Semace (2020), em relação às atividades classificadas como programadas, pode-se citar as seguintes:

- Intensificação do Projeto Domingo no Parque;
 - Criação oficial do Parque Estadual do Cocó;
 - Campanhas Educativas: Semana Nacional da Árvore, Dia Nacional do Meio Ambiente e Dia Nacional de Limpeza de Praias, Rios, Lagos e Lagoas;
 - Construção de um centro de Referência Ambiental;
 - Implantação de infraestrutura de apoio, através de obras de saneamento (sanitários públicos), e ações turísticas de lazer;
 - Revitalização do anfiteatro e a sinalização ambiental e turística da área urbanizada;
 - Intensificação do processo de recomposição vegetal das áreas do manguezal e mata ciliar;
 - Intensificação do projeto Férias no Ceará;
 - Intensificação do Projeto Superação no Cocó;
 - Intensificação da Campanha de Combate ao Abandono de Animais domésticos e silvestre no parque;
 - Intensificação do programa de visitas monitoradas no parque
- PONTOS IDENTIFICADOS NA VISITA EMPÍRICA AO PARQUE

No Parque Ecológico do Cocó, é permitida a visitação pública, através da realização de atividades voltadas à educação ambiental, lazer, pesquisa científica e eventos sociais. O Parque disponibiliza 8 monitoras para o acompanhamento de grupos de pessoas cuja visitação seja previamente agendada. Para se realizar pesquisa científica e eventos sociais, além do agendamento, é necessário solicitar autorização prévia à SEMACE. O agendamento de visitas coletivas pode ser efetivado através de agendamento prévio pelo telefone: (85) 3234.3574.

Para solicitar autorização à SEMACE, deve-se preencher o “Requerimento (Licenciamento, Autorizações, Cadastros e Registros)”, documento disponível no sítio virtual da SEMACE através do link Biodiversidade – Serviços – Formulário de autorizações, e apresentar documentos de identificação da pessoa física / jurídica interessada, assim como um ofício ou projeto descritivo da atividade a ser realizada, detalhando os objetivos e os procedimentos da mesma.

- IMPACTOS AMBIENTAIS DO PARQUE DO COCÓ

O Rio Cocó é barrado no município de Pacatuba para formar o Açude Gavião, com capacidade de 33.300.000 m³, na cota 39 m. O Açude Gavião, com os reservatórios Pacajus, Pacoti e Riachão, integrados em série, formam o Sistema Integrado Gavião, responsável pelo abastecimento de água dos municípios de Fortaleza, Caucaia, Maracanaú e Eusébio, sendo este um dos principais sistemas produtores da Região Metropolitana de Fortaleza (SEMACE, 2020).

Já levando em conta a importância do Rio Cocó para a região da capital, as iniciativas históricas para a sua proteção culminaram na criação do Parque Estadual do Cocó, por meio do Decreto Estadual nº 32.248, de 07 de junho de 2017. Neste mesmo ano, em dezembro, foi construída a Barragem do Cocó, barragem cujo objetivo é a contenção de cheias no Rio Cocó, como forma de amortecer aquelas que ocorrem a jusante. A Barragem do Cocó está localizada no município de Fortaleza no bairro do conjunto palmeiras e sua gestão é feita pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) (SEMACE, 2020).

É notável que ao longo de todo o Rio Cocó, suas margens e entorno refletem cenários diversos, e a interferência antrópica pode ser observada na alteração da qualidade de suas águas, na ocupação de suas margens e ausência de cobertura vegetal na extensão do que deveria ser sua Área de Preservação Permanente (APP). Vale destacar também a perda da vegetação de mangue em determinados trechos do Rio Cocó, devido à redução da intrusão salina, à competição por vegetação exótica invasora, além de outros fatores antrópicos que corroboram para a degradação do mangue.

Também se observa o assoreamento do Rio Cocó, além da presença de grande quantidade de macrófitas aquáticas. Nesse sentido, em 2014 o então Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente (CONPAM) realizou força tarefa de limpeza superficial do Rio Cocó entre o canal Tauape e o Lagamar, nas proximidades da Av. Murilo Borges, com retirada de aguapés e galhos (SEMACE, 2020).

A SEMA, a partir de 2015, em parceria com outras instituições também executou outros trabalhos de limpeza e desobstrução do canal principal entre a Avenida Sebastião de Abreu e a BR-116. Esse trabalho possibilitou a retirada de mais de 2.300 toneladas de macrófitas, troncos e resíduos sólidos do rio, o que possibilitou a liberação da navegação (devidamente autorizada) em alguns trechos do rio, inclusive com a realização de passeios de barco para a população a partir de março de 2016. Como o rio tem fluxo dinâmico, muitos aguapés acabam sendo deslocados dos canais e afluentes de montante (em direção a jusante), onde acabam formando grandes bancos de macrófitas, principalmente, próximo às pontes que cortam o Rio Cocó (SEMACE, 2020).

Mais recentemente, com o Projeto Rio Cocó, o então Secretário das Cidades, Zezinho Albuquerque assinou, no dia 12 de dezembro de 2019, uma ordem de serviço para iniciar a execução das obras de dragagem e limpeza da vegetação aquática do Rio Cocó, compreendido pelos trechos entre a Av. Paulino Rocha e BR 116; entre a Av. Murilo Borges e a Av. Engenheiro Santana Júnior, com prazo para conclusão para final de 2021 (SEMACE, 2020). Vale destacar que a obra já foi concluída pela construtora Moraes Vasconcelos.

Entre as outorgas para diluição de efluentes no Rio Cocó, duas estão concedidas para a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE). A CAGECE possui 107 Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) em toda a bacia do Rio Cocó, assim, as Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), que são equipamentos associados aos sistemas de esgotamento sanitário, podem ser observados em alguns bairros situados às margens do Rio Cocó, tal como a EEE Lagoa da Zeza e EEE Reassentamento Dendê (SEMACE, 2020).

No entanto, é possível observar ao longo do rio, principalmente, no trecho situado em Fortaleza, contido no Parque Estadual do Cocó, que suas águas recebem

efluentes de forma irregular, seja de ocupações situadas próximas ou em suas margens que não possuem infraestrutura sanitária (ou não estão conectadas à rede de coleta de esgoto da CAGECE), ou de instituições que não detém uma outorga específica para tal (SEMACE, 2020).

4. A IMPORTÂNCIA DO PARQUE DO COCÓ PARA O SEQUESTRO DE CARBONO NA CIDADE DE FORTALEZA

Referências analíticas básicas

O Dióxido de Carbono (CO₂) é um dos Gases de Efeito Estufa (GEE). Tais gases são extremamente prejudiciais, impactando no clima (aquecimento global) do planeta. Entretanto, sabe-se que a biomassa vegetal tem a capacidade de sequestrar CO₂ e, por consequência, reduzir os GEE. Segundo Barreto et al., o sequestro de carbono florestal é uma alternativa viável para amenizar o agravamento do processo de elevação da temperatura global, pelo aumento de GEE (BARRETO, 2009).

Interpretando tal citação, subentende-se que a vegetação do Cocó contribui para o sequestro de carbono da cidade de Fortaleza. Em si, por dois fatores: primeiro, a sua vegetação florestal e, segundo, sua extensa área de manguezal. Segundo o Inventário Nacional Florestal (INF), a área do Cocó é composta por 68% vegetação de mangue, 24% de corpos d'água e 8% de restinga arbustiva (INF, 2016).

Vale ressaltar que as áreas de manguezais são ecossistemas de grande produtividade e alta biodiversidade por conta de suas peculiaridades. Segundo Thiers et al. (2017), a cobertura vegetal dos manguezais tem o atributo de estabilizar a linha de costa e, dessa forma, impedir a erosão. Em si, é um ecossistema com várias qualidades.

Perante estas informações, percebeu-se necessário fazer a análise de fixação de carbono da área. Com isso, buscou-se captar as características da sua cobertura vegetal para saber a quantidade de biomassa vegetal da área. Desta forma, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto com o programa QGis 2.18.12, onde calculou-se o NDVI (Índice de vegetação) da área com representações espaciais do satélite Landsat 8, bandas 4 e 5, conforme a Figura 3.

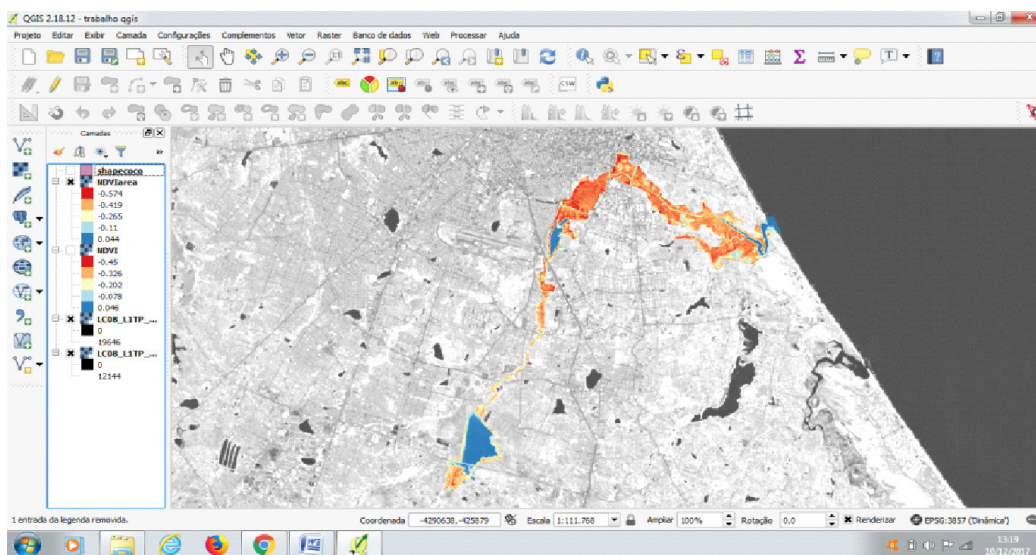


Figura 3 – Cálculo do NDVI do Parque do Cocó
Fonte: Do próprio autor (2022)

Vale ressaltar que a pesquisa se limitará a fazer o cálculo da quantidade de fixação de carbono da área a partir de sua biomassa vegetal, ou seja, desprezando o carbono existente no solo e o carbono total SUT, onde tais considerações podem ser visualizadas na Figura 4.

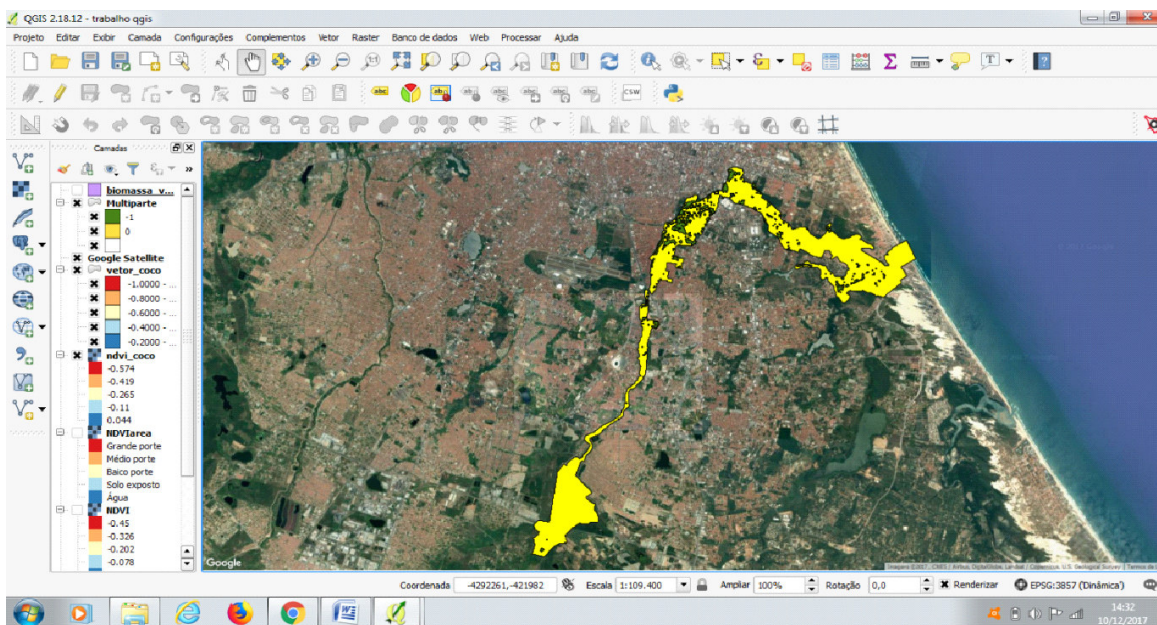


Figura 4 – Considerações sobre o sequestro de CO₂ do Parque do Cocó
Fonte: Do próprio autor (2022)

A partir de representações geoprocessadas, a área do Cocó representada acima tem o total de 1.570 hectares, divididos em 1455 ha de solo exposto e água e 115 ha de vegetação. Como assinalado na Figura 5.

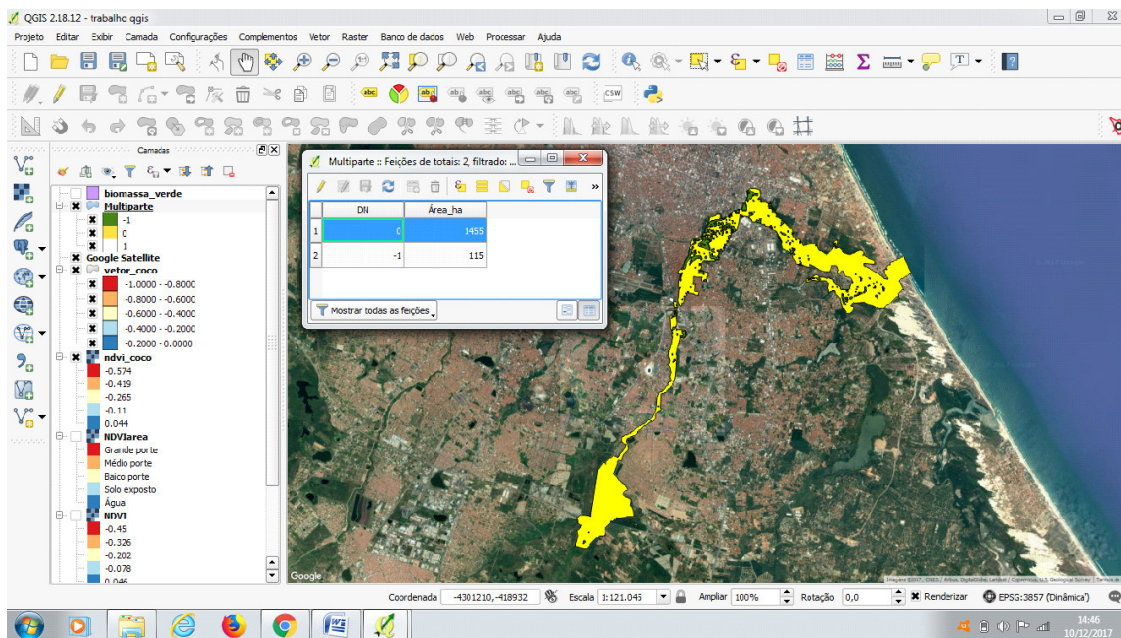


Figura 5 – Determinação da área de estudo do Parque do Cocó
Fonte: Do próprio autor (2022)

Para viabilizar a coleta de informações sobre o Parque do Cocó, este estudo se limitará à obtenção de informações sobre a espécie vegetal de maior predominância dentro do parque. Isso porque, dentro do inventário de espécies do parque, estaremos dando prioridade à espécie vegetal que mais tem significância quantitativa na captura de CO₂. Além disso, estaremos tornando o cálculo mais simplificado para utilização por pesquisadores que consultarem o trabalho.

Vale ressaltar que os cálculos realizados para a espécie vegetal mais predominante no parque do Cocó podem ser feitos da mesma forma para as demais espécies presentes no mesmo, onde a adoção de um cenário de 100% composto pela vegetação mais predominante nos mostrará um teto quantitativo que este estudo pode considerar para pesquisas futuras.

Desta forma, segundo material produzido pelo Inventário Nacional Florestal - Ceará (INF-CE, 2016):

O mangue branco (*Laguncularia racemosa*) foi a espécie mais abundante, dominante e de maior valor de importância de acordo com a amostragem do INF-CE realizada no parque. O mangue preto e o mangue vermelho também se destacaram pelos elevados valores de importância. Unidas, estas três espécies típicas de ambientes de mangue representaram 90% do total de indivíduos mensurados (IFN,2016, p.74).

Ou seja, a espécie de planta com maior predominância da área é o mangue branco (*Laguncularia racemosa*). Após as duas ações, a descoberta da área de vegetação (115 ha) e a árvore de maior predominância (mangue branco), será calculado a quantidade aproximada de biomassa vegetal.

Para sabermos o valor de biomassa vegetal no Parque Estadual do Cocó é necessário sabermos a quantidade de plantas (mangue branco) cabem num hectare e a quantidade de biomassa vegetal total (BVT). Desta forma, segundo a IFN-CE, cabem 402 espécies de mangue branco num hectare, conforme demonstrado na Figura 6.

Espécies	Família	Nome popular	Nº de árvores/ha	Área basal m ² /ha	Nº de conglomerados de ocorrência*	VI%**
<i>Laguncularia racemosa</i>	Combretaceae	mangue-branco	402	7,0819	5	37,08
<i>Avicennia germinans</i>	Acanthaceae	mangue-preto	196	2,6172	6	19,87
<i>Rhizophora mangle</i>	Rhizophoraceae	mangue-vermelho	171	2,0988	3	14,49
<i>Annona glabra</i>	Annonaceae	araticum-do-brejo	60	0,4977	2	5,53
<i>Syzygium cumini</i>	Myrtaceae	jamelão	25	0,5322	2	4,34
<i>Sebastiania macrocarpa</i>	Euphorbiaceae	pau-de-leite	42	0,2901	1	3,30
<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae	coco	4	0,3069	1	1,98
<i>Agonandra brasiliensis</i>	Opiliaceae	cerveja-de-pobre	8	0,0339	1	1,46
<i>Guapira laxa</i>	Nyctaginaceae	farinha-seca	8	0,0339	1	1,46
<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae	castanha-da-praia	3	0,0707	1	1,34

* Número de conglomerados em área de floresta (N=7)

** VI% = Valor de importância da espécie.

Figura 6 – Espécies vegetais mais predominantes do Parque do Cocó
Fonte: Inventário Nacional Florestal - Ceará (INF-CE, 2016)

Portanto, para a determinação do valor referente à Biomassa Vegetal Total (BVT), serão utilizados os valores teóricos determinados pela literatura para a espécie popularmente chamada de mangue-branco. Assim, para que este valor possa ter equivalência com a área total do parque, necessita-se aplicar este valor dentro da Equação 01, onde será obtido o valor da Biomassa Vegetal da Área (BVA) segundo a sentença:

$$BVA = ATV \times QEH \times BVT \quad (\text{Eq. 01})$$

onde tem-se que:

ATV = Área Total Vegetal (total da área coberta por vegetação do parque por hectare)

QEH = Quantidade de Espécies por Hectare

BVT = Biomassa Vegetal Total (no caso, do mangue-branco)

Assim, de acordo com Beltran et. al (2012), tem-se que o valor da BVT para a espécie mangue-branco é de 12,49 KgC/árvore. Considerando ainda que a AVT do Parque do Cocó é de 115 hectares (conforme citado no item 3.8) e que o valor de QEH é de 402 árvores/hectare (conforme Figura 6), tem-se o seguinte valor da BVA a ser utilizada pelo estudo:

$$BVA = 115 \times 402 \times 12,49$$

$$BVA = 577.412,7 \text{ KgC}$$

Sendo assim, pode-se estimar dentro das premissas adotadas que em toda a área do polígono determinado pelo Parque Estadual do Cocó há 577.412,7 KgC de biomassa vegetal. Este valor será utilizado para a realização dos cálculos posteriores a este estudo de caso, conforme será demonstrado no capítulo seguinte.

5. RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO: O CÁLCULO DA QUANTIDADE DE CARBONO RETIDO NO PARQUE DO COCÓ

Neste tópico, serão realizados os cálculos inerentes à quantidade de carbono capturado pelo Parque do Cocó, bem como o cálculo da economia ambiental que o parque gera para sua região. Para tanto, será determinado o valor financeiro de carbono que o parque consegue reter das emissões locais de carbono, considerando a região geográfica onde o parque estabelece sua influência.

• CÁLCULO DA QUANTIDADE DE CARBONO RETIDO

Para se calcular a quantidade de Carbono na Biomassa Vegetal (CBV), que se refere à quantidade de carbono que é retida pelo bioma em questão, será utilizado o método adotado por Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002). Segundo os autores em questão, este cálculo pode ser realizado pela Equação 02, conforme demonstrado abaixo:

$$CBVA = BVA \times 0,45 \quad (\text{Eq. 02})$$

Onde tem-se que:

CBVA = carbono na biomassa vegetal da área, dada em toneladas

BVA = biomassa vegetal total

0,45 = constante

Considerando a Equação 02 e o valor de BVA obtido anteriormente, tem-se que, primeiramente, há a necessidade de se converter o valor de BVA em toneladas, tendo em vista que o mesmo foi calculado inicialmente em KgC. Sendo assim, o mesmo deve ser dividido por 1.000 para alcançar o valor necessário.

Portanto, aplicando esta observação sobre o valor de BVA, tem-se que o valor de CBVA do Parque do Cocó é de:

$$\begin{aligned} \text{CBVA} &= (\text{BVA} / 1000) \times 0,45 \\ \text{CBVA} &= (577.412,7 / 1000) \times 0,45 \\ \text{CBVA} &= 259,8 \text{ tC} \end{aligned}$$

Assim, de acordo com as estimativas feitas para o Parque do Cocó, o valor de 259,8 t de carbono refere-se, segundo à literatura pesquisada em Beltran et. al (2012) e Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002), refere-se a um valor anual que o parque possui. Com isso, a partir deste valor anual mensurado, pode-se estimar o valor financeiro que o parque gera para a região geográfica em que ele se situa.

Ou seja, o parque consegue estabelecer um benefício local no que tange a emissão de carbono na atmosfera, sendo tal realidade passível de reconhecimento das organizações locais responsáveis pela emissão de carbono sem os devidos procedimentos de retenção do mesmo nos lançamentos realizados na atmosfera.

6. CÁLCULO ECONÔMICO DA RETENÇÃO DE CO₂

Primeiramente, para a realização do cálculo que aqui se propõe, deve-se obter o valor atualizado para o crédito de carbono praticado pelo mercado mundial. Sendo assim, de acordo com Investing (2022a), tem-se que o valor de 1 tonelada de carbono sequestrado nas emissões possui um valor de 78,97 EUR, o que em moeda brasileira, ainda de acordo com Investing (2022b), a conversão de tal valor é de 1 EUR para cada 5,60 BRL, o que totaliza o valor de 442,23 BRL por tonelada de carbono sequestrado.

Dentro da economia verde, considera-se este potencial de absorção do Parque do Cocó como um crédito de carbono gerado pelo mesmo. Sendo assim, tem-se que este crédito de carbono calculado no item 4.1 possui o seguinte retorno financeiro para o sequestro de CO₂ que o mesmo promove de acordo com a Equação 03:

$$\text{ECONOMIA} = \text{CBVA} \times \text{BRL} \quad (\text{Eq. 03})$$

onde tem-se que:

CBVA = carbono total capturado pelo bioma

BRL = valor de mercado de cada tonelada de carbono capturado

Sendo assim, tem-se que para o cenário aqui analisado o valor de economia obtida será de:

$$\text{ECONOMIA} = \text{CBVA} \times \text{BRL}$$

$$\text{ECONOMIA} = 259,8 \times 442,23$$

$$\text{ECONOMIA} = \text{R\$ } 114.891,35$$

Portanto, pode-se verificar que o valor financeiro que o Parque do Cocó gera para o meio ambiente, no que diz respeito ao sequestro de CO₂ emitido na área geográfica de atuação do mesmo, é de R\$ 114.891,35 anuais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Parque Estadual do Cocó é um espaço de grande relevância para a cidade de Fortaleza, afinal, tal espaço tem a capacidade de nos encantar com suas belezas naturais e contribuir com o bem-estar da população da capital do Ceará. Entretanto, processos de destruição da vegetação para a implementação de empreendimentos na área não param. O desenvolvimentismo continua sem planejamento a desordenar essa área importante da cidade.

Apesar da relativa despreocupação ambiental do poder público com a área, o Cocó, a partir de sua capacidade natural, continua atuando com suas forças para melhorar o bem-estar da população de Fortaleza. Como foi mostrado na pesquisa, o Cocó tem capacidade aproximada de sequestrar 260 toneladas de Carbono, ou seja, a sua vegetação mostra que tal espaço contribui de forma ampla na redução da concentração de gases do efeito estufa, mais especificamente do dióxido de carbono (CO₂).

Com essas considerações é importante ressaltarmos que tal configuração de ausência de uma maior proteção ao complexo do Cocó é agressiva e prejudicial tanto para o espaço natural em si, como para a população que mora nas redondezas. Esta demonstração empírica pode contribuir para uma maior observância dos entes públicos a essa área tão prejudicada pelas constantes agressões ao seu bioma.

Segundo Braungart e Mulhall (2012), a solução para viabilizar a implantação de projetos de sequestro de CO₂ para a mitigação de emissões de CO₂, é ver as emissões de gases do efeito estufa como recursos, em vez de problemas. Seguindo essa linha de raciocínio, para que ocorra a conscientização do potencial econômico que o Parque do Cocó oferece à sua região geográfica, deve-se divulgar este potencial diante das organizações responsáveis pela mensuração da emissão de CO₂ na atmosfera, o que poderá garantir ao mesmo um possível investimento privado para ampliar o seu potencial de sequestro de CO₂ e, conseqüentemente, viabilizar financeiramente a manutenção e até mesmo a ampliação da estrutura do parque.

O conceito de uma economia circular, onde o CO₂ passa a ser de um agente poluente a um insumo para diversos produtos e serviços, necessita de princípios que

devem ser levados em consideração, como o controle de recursos renováveis. Devido a necessidade de recursos para ampliar o potencial de sequestro de CO₂ do parque, as atividades de aumento da área verde disponível devem ser priorizadas dentro do planejamento de expansão do parque.

O baixo custo é um dos aspectos mais importantes na implementação do sistema de captura de CO₂. Visto que o parque não demanda nenhum tipo de custo inicial para realizar o sequestro de CO₂, isso faz dele um empreendimento de grande potencial para receber investimentos da iniciativa privada no que tange o aumento de seu potencial de sequestro de CO₂.

Tais complicações como as limitações da reserva natural, a implantação do aumento do potencial de sequestro de CO₂ torna-se um investimento que possui um teto financeiro para a sua realização. Sendo assim, para otimizar o potencial do Parque do Cocó no que tange o sequestro de CO₂, tem-se que a ampliação deste potencial deve seguir as seguintes premissas: escolha das espécies com maior potencial de captura de CO₂, aliada à área ocupada por cada unidade da espécie. Assim, pode-se conseguir um maior aproveitamento da área disponível para a ampliação do parque.

• **REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, L. H. S. de. Diagnóstico georreferenciado do uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente (APP) da sub-bacia b1, Bacia do Rio Cocó, Fortaleza-CE, Universidade Federal do Ceará - 2012

AREVALO, L. A; ALEGRE, J.C; VILCAHUAMAN, L. J. M.; Metodologia para Estimar o Estoque de Carbono em Diferentes Sistemas de Uso da Terra - Colombo, PR - 2002.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2011.

BARRETO, L. V. FREITAS, A. C. S. PAIVA, L. C. - Sequestro de Carbono - Centro Científico Conhecer, Goiânia, Enciclopédia Biosfera N.07, 2009, ISSN 1809-058351.

BELTRAN, E. V.; SUTTI, B.O.; GONÇALVES, E. L.; REIS, F.C.; DE OLIVEIRA, W R. L.; SCHAEFER, F.; CLARA, M. M.; GIORDANO, F.; BARRELLA, W.; Estimativa do Sequestro de Carbono por Árvores de Manguezal no Rio Boturoca – São Vicente/SP UNISANTA BioScience –p. 11-15 Vol. 1, nº1, 2012.

BRAUNGART, M.; MULHALL, D. Point of View: Treat Emissions as Resources, 2012.

CASTRO, C. M. Estrutura e apresentação de publicações científicas. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

CIDIN, R. DA C. P. J.; DA SILVA, R. S. - Pegada ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. Estudos Geográficos, Rio Claro, 2(1):43-52, junho - 2004 (ISSN 1678—698X) - www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2010.

IBGE. Produção Agropecuária: Ceará. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ce>>. Acesso em: 06 nov. 2022.

INVENTÁRIO FLORESTAL NACIONAL - PRINCIPAIS RESULTADOS (Ceará). Série Relatórios Técnicos IFN. 2016.

INVESTING. Crédito Carbono Futuros - Dez 22 (CFI2Z2). 2022a. Disponível em: <<https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

INVESTING. EUR/BRL - Euro Real Brasileiro. 2022b. Disponível em: <<https://br.investing.com/currencies/eur-brl>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

LIMA, F. J. F. Sociedade e Natureza na primeira etapa do Parque do Cocó e entorno - Fortaleza/CE, Universidade Federal do Ceará, 2007.

MUNDO EDUCAÇÃO. Protocolo de Kyoto. 2022. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/protocolo-kyoto.htm>>. Acesso em: 06 nov. 2022.

PLANO NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA - PNMC - Versão para Consulta Pública. Setembro, 2008 - Decreto nº 6.263 de 21 de novembro de 2007.

SALES, J. W. DE F. Avaliação das Condições ambientais dos principais lacustres pertencentes à Bacia Hidrográfica do Cocó, Fortaleza-CE. 2010.

SEMACE. Parque Ecológico do Rio Cocó. 2020. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2021/03/PMPC_01.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2022.

SOARES, J. M. B. Parque Ecológico do Cocó: A Produção do Espaço Urbano no entorno de Áreas de Proteção Ambiental - Universidade Federal do Ceará - 2005 (Dissertação)

THIERS, P. R. L.; MEIRELES, A. J. A.; SANTOS, J. DE O.; Manguezais na Costa Oeste Cearense - Preservação permeada de meias verdades. Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 2017.

THIOLLENT, M. Metodologia de pesquisa-ação. São Paulo: Cortez, 2011.

TRIVIÑOS, A. N. S. “Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: a Pesquisa Qualitativa em Educação – O Positivismo, A Fenomenologia, O Marxismo. São Paulo: Atlas, 2009.

WWF. Acordo de Paris completa cinco anos com lições aprendidas. 2020. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?77471/Acordo-de-Paris-completa-cinco-anos-com-licoes-aprendidas>>. Acesso em: 06 nov. 2022.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ZIKMUND, W. G. Business research methods. Mason: South-Western Cengage Learning, 2010.

The Biosphere Conference, 25 years later. 1993. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000147152>> Acesso em: 05 jan. 2023

MAGRINI, A. Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos. Revista Brasileira de Energia, Itajubá, v.8, n.2, 2001.

HOGAN, D.J. População e Meio Ambiente: a emergência de um novo campo de estudos. In:

HOGAN D. J. (Org.) Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro. Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo, 2007. p.13-49.

LATOUCHE, Serge. Pequeno tratado do decrescimento sereno (São Paulo: Editora WMF, 2009)