



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Indicadores físicos e biológicos na recuperação de áreas degradadas: uma revisão da literatura

Estudante: Pedro Ferreira Mendes (13/0129429)

Orientadora: Dra. Rosana de Carvalho Cristo Martins

Brasília – DF, maio de 2021



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso

Indicadores físicos e biológicos na recuperação de áreas degradadas: uma revisão da literatura

Trabalho de Conclusão de Curso da graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília – DF, maio de 2021

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	OBJETIVOS	5
2.1	Objetivo Geral.....	5
2.1	Objetivos Específicos	5
3	REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1	Degradação de áreas ambientais.....	5
3.2	Indicadores de degradação ambiental.....	9
3.2.1	Indicadores físicos.....	11
3.2.2	Indicadores biológicos.....	13
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
6	CONCLUSÕES	17
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental tem aumentado progressivamente ao longo dos anos impulsionada pelo capitalismo e pelos avanços tecnológicos que modificam as relações sociais, nas quais impactam nas formas de consumo, e conseqüentemente nas questões ambientais. “As mudanças ocorridas no meio ambiente acompanham a evolução do ser humano enquanto ser social” (PINTO et al., 2013, p. 2).

Essas degradações ocorrem de modo individual ou coletivo. Isto é, podem ser observadas desde a ação de uma pessoa isoladamente, quanto a partir da ação de empresas, organizações, indústrias, entre outros. As degradações relacionam-se com o uso de novas tecnologias, mas também com as novas técnicas referentes à produção econômica que promovem melhorias internas e o bem-estar social (PINTO et al., 2013).

A preocupação com a degradação ambiental tem aumentado recentemente nos últimos anos. Isso porque existe uma cultura social de que os recursos naturais são infinitos, e por isso a conscientização de preservação não era popular. No entanto, após o início da escassez de alguns recursos, a sociedade tem mudado a sua visão a respeito do meio ambiente, e tanto as pessoas quanto as empresas estão mais comprometidas com as questões de sustentabilidade.

As questões de preservação e sustentabilidade relacionam-se com a ecologia aplicada, onde a principal preocupação é a administração dos processos de exploração dos recursos naturais a fim de promover a constância desses recursos naturais a disposição da sociedade a fim de contribuir para uma vida abundante e com responsabilidade ambiental.

Esta pesquisa concentra-se em questionar: quais seriam os indicadores físicos e biológicos eficientes para se utilizar nos processos de recuperação de áreas degradadas?

Nessa perspectiva, considera-se que a temática desta pesquisa é bastante relevante do ponto de vista ambiental, assim como social, uma vez que traz a campo discussões pertinentes a respeito dos meios de recuperação de áreas degradadas por meio do uso de indicadores físicos e biológicos que podem ser observadas pelas pessoas e pelas empresas que se utilizam de recursos naturais em seus processos de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar quais são os indicadores físicos e biológicos que podem atestar a recuperação de áreas degradadas.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar e investigar o que são áreas ambientais degradadas;
- Conceituar e identificar os indicadores físicos e biológicos;
- Analisar a efetividade desses indicadores em áreas degradadas;

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Degradação de áreas ambientais

Embora não seja novidade nas discussões acadêmicas, a degradação de áreas ambientais precisa ser mais discutida para que chegue mais informações à sociedade, para que se promova uma maior conscientização a respeito da necessidade do cuidado com o meio ambiente. Atualmente, os temas decorrentes ao meio ambiente são abordados de forma gradativa pela sociedade, que tem passado a sofrer com resultados de suas próprias ações (SANTOS et al., 2017).

Isso leva ao reconhecimento de que o próprio homem é um dos responsáveis pelos prejuízos ambientais a sua volta, uma vez que o modo como vive sua vida em sociedade revela a qualidade do meio ambiente a sua volta, podendo ser preservado ou não. “A proporção que os anos se passam o próprio homem vem destruindo seu habitat, para se enriquecer sem alguma preocupação pertinente com as futuras implicações causadas ao meio ambiente” (SANTOS et al., 2017, p. 172).

O processo de degradação ambiental está ligado a fatores naturais e antrópicos, principalmente a fatores antrópicos como o processo de ocupação humana, a agropecuária e a agricultura. Estes provocam a retirada e queimada da vegetação e ocasiona degradação a curto e longo prazo. A pressão antrópica quando associada às condições climáticas semiáridas

acabam piorando ainda mais essa degradação sem perspectivas concretas para o desenvolvimento sustentável (SILVA et al., 2018, p. 188).

Esta falta de consciência ambiental vem de muitos séculos passados. Ainda na Idade Média (Século V ao XV) ocorreram grandes realizações a respeito da coleta de esgoto. Isso porque a grande despreocupação com os efluentes gerados foram as causas das epidemias mais assoladoras ocorridas na Europa, no período entre os séculos XVI e XIX, o que coincide com o crescimento das populações (GARCIA, 2009).

O prejuízo ambiental, acentuado ao longo dos anos pela ação do homem pode ser observado nas áreas agrícolas com erosão, no assoreamento de córregos e nascentes, no comprometimento na qualidade e quantidade de água das microbacias, na extinção de espécies de animais e vegetais, o que faz descaracterizar os ecossistemas que se mantinham originalmente em equilíbrio (MARCONATO, 2010).

A degradação ambiental está tão evidente no Brasil, que aproximadamente 16% da área total do país apresenta algum estado de degradação, o que leva a danos ao meio ambiente (Ex.: extinção de espécies, erosões, destruição de 'habitats', dentre outros) mas que impactam também a sociedade (MOREIRA et al., 2019). Essas modificações ambientais acabam levando reflexos a vidas nas pessoas na sociedade, pois sabe-se que os recursos naturais são responsáveis por muitas ações do cotidiano do ser humano.

“Um dos principais fatores da degradação ambiental foi e continua sendo a expansão desordenada das fronteiras agrícolas, através do uso incorreto da paisagem e principalmente dos solos, em considerável parte do nosso país” (MARCONATO, 2010, p. 14). Ou seja, o Brasil tem problemas de fronteira entre o direito de interferir no meio ambiente ou não pelo homem, pois tem regulamentações pouco expressivas que abordam de forma completa essa questão.

Nessa perspectiva, compreende-se que a degradação ambiental pode ser compreendida como o ato nocivo de prejudicar o meio ambiente. Segundo Almeida (2015, p. 20), “as áreas degradadas são aquelas caracterizadas por solos empobrecidos e erodidos, instabilidade hidrológica, produtividade primária e diversidade biológica reduzida”. Isto é, são muitas as formas de degradação ambiental.

De acordo com Araújo (2010), a degradação de uma área, independentemente da atividade implantada, ocorre quando a vegetação é suprimida e destruída, a fauna

em consequência é expulsa e a camada de solo fértil acaba se perdendo, removida ou coberta, podendo afetar a vazão e a qualidade ambiental dos corpos superficiais e/ou subterrâneos de água.

O termo degradação pode ser compreendido também de acordo com as legislações existente que tratam a respeito. O Decreto nº 97.632 de 10 de abril de 1989, que regulamenta o artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, por exemplo, considera como degradação “os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se predem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais” (BRASIL, 1989).

Existem algumas áreas que são protegidas pela legislação brasileira, na qual a degradação das mesmas é considerada crime. Essas áreas podem ser divididas em três principais categorias, como mostra a Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 – Áreas protegidas, segundo a Legislação Ambiental Brasileira.

Tipo de área	Regras segundo a Legislação Ambiental Brasileira
Área de Preservação Permanente (APP)	Margens de cursos d água e entorno de nascentes, largura dependendo da largura do rio: 30m de preservação (para rio com 10 m de largura); 50m de preservação de raio ao redor de nascentes.
Reserva Legal (RL)	Corresponde a uma porcentagem da propriedade rural (20% da área da propriedade, no estado de São Paulo, excluída a APP), pode ser explorada economicamente, com menor impacto ambiental, além de ter que estar ocupada por espécies nativas e não ser permitido o corte raso.

Áreas Agrícolas Destinadas a Produção	As áreas de menor aptidão devem ser reservadas para complementação da RL e as áreas destinadas a agricultura devem ser aproveitadas com a melhor tecnologia possível.
---------------------------------------	---

Fonte: Gandolfi e Rodrigues (2007), adaptado.

Segundo Aumond; Loch; Comin (2012), uma área degradada pode ser considerada como um sistema dinâmico complexo, hipersensível às condições iniciais. Isto é, a degradação implica na modificação do estado natural de alguma área ambiental. O homem, com o objetivo de se beneficiar em algum aspecto de sua existência na humanidade acaba realizando ações que de certo modo interferem na qualidade da natureza a sua volta.

De acordo com Lemos (2001), o conceito de degradação pode ser compreendido como destruição, deterioração ou desgaste gerados ao meio ambiente a partir de atividades econômicas, aspectos populacionais e biológicos. O que leva a compreensão de que, não somente por consequência da ação humana, mas também por questões naturais, a degradação ambiental pode também ocorrer.

A degradação do solo de uma área é classificada em três categorias: Degradação Física, Química e Biológica. Degradação Física – Refere-se às alterações de características ligadas ao arranjo das partículas de solo, tendo como principais parâmetros a permeabilidade, a densidade, a estrutura, a aeração e a coesão. Alto de grau de compactação, baixa aeração, alta friabilidade, alta susceptibilidade à erosão, baixa retenção de água e alteração topográfica do terreno, são exemplos de degradação física do solo. Degradação Biológica – Este tipo de degradação demonstra a baixa ou nula atividade da micro, meso e macrofauna e flora do solo. Isto é consequência dos baixos valores de matéria orgânica do solo. Degradação Química – Esta forma de degradação é reflexo da presença de elementos indesejáveis no solo, ou então a perda de elementos essenciais para o equilíbrio deste. Por exemplo, a deposição de substâncias tóxicas em um aterro pode degradar quimicamente o solo (ALMEIDA, 2015, p. 20).

A partir dessa colocação anterior de Almeida (2015), é possível considerar o quanto complexa pode ser as modalidades de degradação ambiental, e que muitas vezes as pessoas podem estar fazendo atos nocivos ao meio ambiente, e podem nem mesmo saber, devido as diversas possibilidades de degradação. Além disso, o meio ambiente possui propriedades intrínsecas a ele que são de difícil percepção humana.

Nesse sentido, estudos tem comprovado que podem existir ferramentas que possam frear a degradação ambiental e até mesmo recuperar parte perdida da qualidade do meio ambiente. Para o uso destas ferramentas utilizadas os indicadores físicos e biológicos podem ajudar a diagnosticar as áreas potencialmente prejudicadas e auxiliar em suas recuperações.

3.2 Indicadores de degradações ambientais

O trabalho dos profissionais que cuidam da recuperação das degradações ambientais, necessita de ferramentas que possam identificar as áreas prejudicadas, a fim de se demonstrar a dimensão do problema, para que se possa propor, de modo mais assertivo meios de tratamento e recuperação ambiental do problema localizado. Para isso, são usados indicadores que podem auxiliar nesse tipo de trabalho.

Para diagnosticar a magnitude e a extensão dos impactos ambientais ocasionados pelo ser humano inúmeros indicadores de impactos ambientais têm sido utilizados (SILVA, 2010). Nesse sentido, os indicadores consistem em técnicas que são utilizadas para a avaliação e identificação da área degradada. Esses indicadores podem ser de diversas formas, mas dentre eles os indicadores físicos e biológicos são muitos relevantes para esse tipo de trabalho.

“A utilização de indicadores para diagnóstico e acompanhamento da realidade de um lugar em seus vários aspectos tem sido uma tendência recorrente nos últimos anos” (FERREIRA et al., 2008, p. 143). Essa tendência tem sido cada vez mais replicada na área ambiental, especialmente na Engenharia Florestal, uma vez que tem demonstrado no meio científico bons resultados de recuperação.

Segundo Cunha (2003), em um contexto da sustentabilidade, os indicadores surgem como instrumentos para análise e acompanhamento dos processos de desenvolvimento, servindo não só como subsídio para a formulação de políticas públicas, mas também no monitoramento da execução e dos efeitos dessas políticas. Isto é, além do seu papel principal de identificação de danos, ainda contribui para outros tipos de análises.

Os indicadores de sustentabilidade são ferramentas utilizadas para auxiliar no monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável, sendo a sua principal função fornecer informações sobre o estado das diversas dimensões (ambientais, econômicas, socioeconômicas, culturais, institucionais, etc.) que

compõem o desenvolvimento sustentável do sistema na sociedade (CARVALHO et al., 2011). O combate a degradação ambiental, é justamente a promoção de ações que possam promover a sustentabilidade em determinada região, população ou nação, nos quais podem ser ações desde a conscientização, até uma mobilização para recuperação da área prejudicada.

Segundo Amorim (2013, p. 16), “os indicadores devem ser práticos para uso tanto por cientistas como por agricultores, extensionistas, ecologistas e instituições governamentais, numa ampla classe de situações ecológicas e socioeconômicas”. Isso implica dizer que os indicadores ambientais devem e são, aplicáveis a diversas situações e trabalhos, pois podem auxiliar profissionais de diversas áreas ambientais como a população local que tem interesse na preservação ambiental.

Os indicadores são estudados em diversas áreas de conhecimento como ecologia, agronomia, engenharia florestal e outros e possuem variadas nomenclaturas de acordo com o objetivo pretendido com a sua utilização, tais como: indicadores de qualidade do solo, indicadores de recuperação de áreas degradadas ou indicadores de produtividade (CORINGA, 2012).

A respeito dos objetivos do uso de indicadores, Amorim (2013), em sua pesquisa realizada com indicadores ambientais para a verificação da qualidade de um solo específico, ressalta que o uso de indicadores ambientais, para ser efetivo deve seguir os seguintes critérios:

- (1) envolver processos ocorrentes no ecossistema,
 - (2) integrar propriedades e processos físicos, químicos e biológicos,
 - (3) ser acessível e aplicável no campo,
 - (4) ser sensível a variações de manejo e de clima, e
 - (5) ser componente de banco de dados de solos, sempre que possível.
- (AMORIM, 2013, p. 16).

Ferreira et al. (2008) expõem em sua pesquisa um esquema que demonstra o processo da utilização de indicadores no processo de classificação do nível de degradação, que pode ajudar especialistas nos processos de tomada de decisão, a respeito do tipo de método que irão utilizar para recuperar a área degradada, como demonstra a Figura 1 a seguir.

Figura 1: Fluxograma de obtenção de classificação da degradação por meio de índice de degradação.

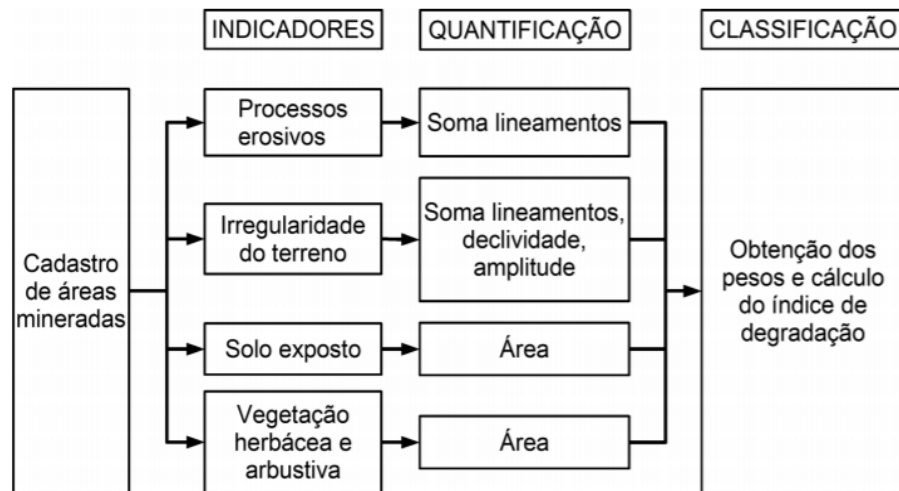


Figura 1: Fluxograma de obtenção de classificação da degradação por meio de índice de degradação.

Fonte: Ferreira et al., (2008, p. 144).

No caso da pesquisa do autor supracitado, trata-se de uma análise em áreas ambientais vítimas da ação de mineradores. No entanto, a noção deste processo com indicadores pode ser aplicada para diversos tipos de análises. Segundo Silva, Correia e Cândido (2010), os indicadores também têm sido utilizados como ferramenta padrão, auxiliando na compreensão das informações sobre fenômenos complexos, em diversos estudos nacionais e internacionais, pois permite verificar os impactos das ações humanas no ecossistema.

Especialmente nessa pesquisa, o foco das observações a respeito dos indicadores ambientais está voltado para os indicadores físicos e biológicos, porém, existem outros indicadores que também possuem representatividade na análise da degradação ambiental.

3.2.1 Indicadores físicos

Nos estudos de Gomes; Filizola (2006), Silva et al., (2010), Carvalho (2011), Amorim (2013), Ferreira (2016), Silva et al., (2020), entre outros, existem muitas informações a respeito do uso de indicadores físicos na análise de degradação de solos, e pouco material acadêmico que discute os indicadores físicos em outras análises. Assim, será discutido nesse tópico a aplicação dos indicadores físicos na

análise de qualidade dos solos, a fim de exemplificar a importância desse tipo de indicador no tratamento de áreas ambientais degradadas.

A diferença entre os tipos de indicadores, estão relacionados ao tipo de aspecto ambiental que o indicador pode identificar. No caso dos indicadores físicos, são os aspectos físicos que são observados a fim de qualificar ou quantificar o nível de degradação ambiental para que os profissionais e população possam tomar decisões a respeito das reparações adequadas (AMORIM, 2013).

Segundo Gomes; Filizola (2006), os indicadores físicos assumem a importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como: taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão, suprimento e armazenagem de água, nutrientes, e de oxigênio, no caso de análise física de solos, por exemplo. Além da análise de solos, vários outros tipos de análise podem ser realizados do ponto de vista dos indicadores físicos.

Ainda a respeito da análise de solos, segundo Gomes (2006), além dos indicadores físicos assumirem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, também possuem funções essenciais no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo. Ou seja, são importantes para a manutenção da qualidade dos solos.

Na perspectiva de Silva et al. (2020), os indicadores físicos utilizados para avaliar a qualidade do solo são a textura, estrutura, agregação das partículas, densidade, condutividade hidráulica, resistência a penetração, taxa de infiltração de água e porosidade. Essas características estão relacionadas com as propriedades físicas inerentes ao solo, tais como a textura, superfícies específicas, densidade do solo e constituintes (REICHARDT; TIMM, 2012).

A textura do solo, por exemplo, pode identificar a proporção das partículas como areia, silte e argila, nas quais a sua falta ou o seu excesso podem identificar diversas necessidades do solo. O conhecimento da propriedade textural do solo é de suma importância para obter informações da capacidade de resistência e a resiliência a determinadas práticas agrícolas (SILVA et al., 2010).

A densidade também é outro aspecto físico muito importante. Através da análise da densidade do solo, observa-se a relação entre o volume e massa ocupado em um determinado espaço. A densidade de um solo pode ser influenciada por vários fatores, dentre eles, o tipo de cobertura vegetal, resíduos presentes na superfície do

solo e a matéria orgânica; o que influencia na qualidade física do solo diante das intemperes externa (FERREIRA, 2016).

Nesse sentido, além dessa importância da análise da textura de solo e densidade por meio dos indicadores físicos, os outros parâmetros físicos também utilizados como indicadores são muito importantes na mensuração da degradação ambiental, e muitos deles se complementam com os indicadores biológicos, discutidos no tópico a seguir.

3.2.2 Indicadores biológicos

Os aspectos que caracterizam os indicadores biológicos estão associados desde as observações microscópicas até macroscópicas a respeito da degradação ambiental. Em relação a análise de solo, os indicadores biológicos também apresentam grande importância para a obtenção de informações que possam servir de parâmetros para os procedimentos de recuperação (SILVA et al., 2020).

Segundo Araújo et al. (2012), “os indicadores biológicos, como a biomassa, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico, são importantes para a ciclagem dos nutrientes e o crescimento vegetal”. Se o crescimento vegetal não é evidente, por exemplo, os profissionais já podem avaliar as causas e identificar se essa deficiência é decorrente de um processo de degradação.

A avaliação microbiana do solo também pode ser considerada um indicador biológico de degradação ambiental. Essa avaliação é útil para obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo; detectar variações causadas por cultivos ou por devastação de florestas; medir a regeneração dos solos após a remoção da camada superficial; e avaliar os efeitos de poluentes como metais pesados e pesticidas (FRIGHETTO, 2000).

A respiração microbiana do solo é um processo que reflete a atividade biológica do solo, sendo definida como a produção de CO₂ ou o consumo de O₂ como resultado de processos metabólicos de organismos vivos do solo. Existem basicamente dois métodos propostos para quantificar o conteúdo de CO₂ produzido: o primeiro é baseado na determinação do fluxo de CO₂ usando câmaras que são colocadas sobre o solo; o segundo é usado para avaliar a atividade microbiana, sendo baseado na produção de CO₂ a partir de uma amostra de solo em laboratório (ARAÚJO et al., 2012, p. 192).

Além de fatores que levam a análise dos solos, a análise das vegetações também possui significância na aplicação dos indicadores biológicos. “Uma estratégia, que pode ser usada, quando se tem limitação de tempo, ou de recursos, é a de se trabalhar com levantamentos de determinados grupos de espécies, que vão funcionar como bioindicadores” (ALMEIDA, 2016, p. 83). Os bioindicadores são justamente aqueles indicadores que consideram padrões biológicos para análise de degradação ambiental.

O levantamento a respeito da fauna, também é relevante no processo de identificação de degradações e pode ser identificado por bioindicadores. “Existem experiências de uso de grupos bioindicadores em várias áreas de mata atlântica, principalmente avifauna, recentemente, está sendo utilizados outros grupos faunísticos bioindicadores, mostrando bons resultados” (ALMEIDA, 2016, p. 83).

As análises realizadas por indicadores biológicos podem levar em conta diversos parâmetros de cunho biológico, além dos apontados no texto, como: a análise de sementes e plantas, da vegetação pioneira, dos parâmetros fitossociológicos, entre outros, que pertencem ao meio biótico, nos quais representam pontos muito importante na preservação ambiental (SILVA et al., 2020).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desta pesquisa foi realizada uma revisão da literatura em artigos, livros, dissertações, teses e legislações que abordem essa temática, onde buscou-se levantar dados que pudessem subsidiar novas ideias e discussões a respeito deste assunto e para que possa contribuir com a área de estudo e contribuir para a conscientização da população em relação a preservação das florestas também.

“Ao se elaborar esta revisão da literatura, a partir de um espírito crítico, poderão surgir ainda retificações, contestações, relocalizações do problema. A revisão bibliográfica, enfim, contribui para aperfeiçoar uma proposta temática inicial” (BARROS, 2011, p. 104). Nesse sentido, esse tipo de pesquisa encaixa-se perfeitamente a proposta deste trabalho, uma vez que pretende analisar a temática proposta através de dados de outras pesquisas já publicadas com o mesmo tema.

Na Revisão Bibliográfica devem aparecer tantas obras que apoiem o caminho proposto pelo pesquisador, funcionando como uma base a partir da qual ele

se erguerá para enxergar mais longe, como também obras às quais o pesquisador pretende se contrapor. Pode-se dizer que, com a elaboração da Revisão Bibliográfica, o pesquisador busca apoios e contrastes (BARROS, 2011, p. 104).

A busca dos materiais analisados ocorreu por meio da consulta de sites de universidades e portais de pesquisa acadêmica, tais como Scielo, Periódico Capes, Google Scholar, Sites de pesquisa na área florestal, entre outros. Para a busca exploratória, utilizaram-se os seguintes descritores: “Engenharia Florestal”; “Degradação ambiental”; “Indicadores ambientais físicos”; “indicadores ambientais biológicos”.

A seleção dos materiais se deu inicialmente pela leitura dos títulos e resumos, escolhendo aqueles que falavam de degradação ambiental, de indicadores físicos e biológicos e aqueles que relacionavam os dois assuntos. Nessa perspectiva os tópicos do referencial teórico e a discussão dos resultados foram organizados seguindo esses critérios de separação de assunto, a fim de trazer mais clareza aos dados investigados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores físicos e biológicos se complementam no que diz respeito a sua função de identificar áreas degradadas no meio ambiente. Isso porque o meio ambiente possui uma diversidade muito grande, e seus parâmetros físicos e biológicos acabam se interligando. Então uma análise realizada por indicadores físicos, pode complementar uma análise realizada por indicadores biológicos.

Nas florestas tropicais, a diversidade está organizada de maneira bastante fragmentada no espaço e no tempo, em razão da alta heterogeneidade de ambientes físicos (microclima, solos, topografia), bióticos, fisiológicos (variação química do metabolismo secundário) e, especialmente, sucessionais (pela frequência de perturbações brandas e imprevisíveis) nesses sistemas (REIS et al., 1992).

Ao analisar o uso de indicadores ambientais físicos e biológicos, esta pesquisa pode identificar que essa ferramenta é muito utilizada no monitoramento ambiental. “O monitoramento, a ser aplicado no início de um projeto busca verificar sua real execução, de acordo com os termos de aprovação, se as medidas mitigadoras correspondem às requeridas, e se as condições impostas foram alcançadas” (RÉ,

2007, p. 48). Nesse sentido, os profissionais que realizam o monitoramento se utilizam de indicadores ambientais.

Em uma pesquisa realizada pela Direção Geral do Ambiente (órgão que acompanha as questões ambientais na Europa) nos anos 2000, foi identificado algumas vantagens e limitações de se utilizar indicadores ambientais como recursos no monitoramento e identificação de áreas degradadas. A Tabela 2 a seguir, retirada da pesquisa, demonstra essas vantagens e limitações dos indicadores de degradação ambiental.

Tabela 2: Síntese de algumas vantagens e limitações da aplicação de indicadores de desenvolvimento sustentável.

Vantagens	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> -Avaliação dos níveis de desenvolvimento sustentável; -Capacidade de sintetizar a informação de carácter técnico/científico; -Identificação das variáveis-chave do sistema; -Facilidade de transmitir a informação; -Bom instrumento de apoio à decisão e aos processos de gestão ambiental; -Sublinhar a existência de tendências; -Possibilidade de comparação com padrões e/ou metas pré-definidas; 	<ul style="list-style-type: none"> -Inexistência de informação base; -Dificuldades na definição de expressões matemáticas que melhor traduzam os parâmetros selecionados; -Perda de informação nos processos de agregação dos dados; -Diferentes critérios na definição dos limites de variação do índice em relação às imposições estabelecidas; -Ausência de critérios robustos para seleção de alguns indicadores; -Dificuldades na aplicação em determinadas áreas como o ordenamento do território e a paisagem;

Fonte: DGA (2000).

Dentre as vantagens observadas, destaca-se o benefício do uso dos indicadores servirem como apoio aos processos de tomada de decisão na gestão ambiental, o que pode ser aplicado também as decisões que os engenheiros florestais

tomam no cotidiano de seu trabalho. De certo modo, os indicadores trazem informações que podem contribuir para os planos de ação de recuperação de áreas degradadas, o que é de extrema relevância na promoção da sustentabilidade.

Entre as limitações dessa ferramenta, destaca-se a falta de padronização de dados que ainda existe, no momento em que os profissionais coletam os dados que os indicadores identificam. Em muitos casos a interpretação é com base em outros conceitos ambientais, o que dificulta uma padronização específicas dos resultados obtidos pelos indicadores ambientais.

Em relação especificamente aos indicadores físicos, observou-se que eles são muito utilizados para a análise da qualidade do solo, onde o conceito de densidade textura do solo, proporção de partículas, entre outros aspectos que são muito relevantes para as análises ambientais. Já os indicadores biológicos, observou-se uma maior aplicabilidade em outras análises ambientais, tais como fauna, flora, atividade microbiana, entre outros que estão presentes na maioria das áreas ambientais.

6 CONCLUSÕES

O objetivo central desta pesquisa consistiu em investigar o uso de indicadores físicos e biológicos no processo de degradação ambiental. Considera-se que esse objetivo foi atingido, uma vez que por meio da pesquisa bibliográfica realizada, encontrou-se materiais e dados que pudessem proporcionar a discussão eficaz dessa temática, podendo gerar contribuições tanto para diversas áreas ambientais, em geral, quanto para a área de estudo em recuperação de áreas degradadas e nas tomadas de decisões dos gestores ambientais, especificamente.

Em relação ao objetivo específico de caracterizar e investigar as áreas degradadas, conclui-se que existem muitos materiais na literatura que abordam essa temática por ser um assunto muito importante dentro da preservação ambiental. Assim, essa pesquisa demonstrou que as áreas degradadas podem ocorrer de forma natural ou pela ação humana, mas que a interferência humana é a mais prejudicial.

A respeito do conceito de indicadores ambientais físicos e biológicos, este estudo demonstrou que se trata de uma ferramenta muito utilizada na recuperação de áreas degradadas para mensurar o nível de degradação, na qual pretende-se traçar algum plano de prevenção ou recuperação.

Em relação a efetividade dos indicadores físicos e biológicos, esta pesquisa identificou que esses indicadores consistem numa ferramenta muito útil na identificação e monitoramento ambiental, para que se possa controlar a degradação ambiental, com propostas de medidas preventivas e de intervenção, nas quais os dados fornecidos pelos indicadores ambientais podem servir de parâmetro para que os profissionais possam tomar decisões nos processos da gestão ambiental.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUMOND, Juarês José; LOCH, Carlos; COMIN, Jucinei José. Abordagem sistêmica e o uso de modelos para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1099-1118, 2012.

ALMEIDA, Ricardo Ricelli Pereira et al. Proposta de recuperação de uma área de empréstimo degradada pela atividade de olaria no município de Pombal-PB. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 9, n. 1, p. 19-22, 2015.

ALMEIDA, Danilo Sette de. Recuperação ambiental da mata atlântica / Danilo Sette de Almeida. – 3. ed. rev. e ampl. – Ilhéus : **Editus**, 200p.: il. 2016.

AMORIM, Fernanda Mendes. **Uso de indicadores ambientais na avaliação da qualidade de solos: Estudo de caso** / Fernanda Mendes Amorim. __ Cuiabá, 2013. Disponível em: http://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer_public/17/68/176868b3-7b83-4116-92c5-d36367a68d5b/20131_-_tcc_fernanda_mendes_amorim_-_vf_22082013.pdf. Acesso em: 29 de mar. 2021.

ARAUJO, Maria Fátima, Recuperação de Área Degradada: uma ação para requalificação de lote residencial, **Revista de arquitetura e urbanismo**, Issue 11, pp.58-76. 2010.

ARAÚJO, Edson Alves de et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

BARROS, José D.'Assunção. A Revisão Bibliográfica–uma dimensão fundamental para o planejamento da pesquisa. **Instrumento: Revista de Estudo e Pesquisa em Educação**, v. 13, n. 1, 2011.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 97.632** de 10 de abril de 1989. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1989/decreto-97632-10-abril-1989-448270-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 08 de abr. 2021.

CARVALHO, J. R. M. de; CURI, W. W. F; CARVALHO, E. K. M. de A, CURI, R. C. Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do Rio Paraíba, PB. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 23, n. 2, agosto 2011.

CORINGA, E. A. O. Solos. Curitiba: **Editora Livro Técnico**, 2012, 248 p.

CUNHA, F.L.S.J. **O uso de indicadores de sustentabilidade ambiental no monitoramento do desenvolvimento agrícola**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 85p. 2003.

DIREÇÃO GERAL DO AMBIENTE – DGA, 2000. Proposta para um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável. **Amadora, Portugal**, 2000.

FERREIRA, Cláudio José et al. Indicadores e quantificação da degradação ambiental em áreas mineradas, Ubatuba (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 141-152, 2008.

FERREIRA, C. R. **Indicadores da qualidade do solo em uma cronosequência sob sistema plantio direto em Guaira - PR**. 2016. 91 f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. Disponível e: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/2457>. Acesso em 12 de abr. 2021.

GANDOLFI S.; RODRIGUES, R. R. **Metodologias de restauração florestal**. In: **Fundação Cargill (coord.)**, Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas, pp.109- 143. 2007.

GARCIA, Giovanni de Oliveira et al. Características químicas de um único degradado após aplicação de lodo doméstico de esgoto. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 2 P. 4, 2009.

GOMES, Marco Antonio Ferreira; FILIZOLA, Heloisa Ferreira. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. **Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**, p. 6, 2006.

LEMOS, J. J. S. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 3, p. 406-429, 2001.

MARCONATO, Gisele Mondoni. **Avaliação de quatro métodos de restauração florestal de áreas úmidas degradadas no município de Mineiros do Tietê-SP**. 2010.

MOREIRA, Samya de Freitas et al. O lodo de ETE como alternativa para a recuperação do solo em áreas degradadas. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 3, p. 1564-1585, 2019.

PINTO, Nelson Guilherme Machado et al. A degradação ambiental no Brasil: uma análise das evidências empíricas. **Observatório de la Economia Latino-americana**, n. 188, 2013.

RÉ, Tatiana Monteiro. **O uso de formigas como bioindicadores no monitoramento ambiental de revegetação de áreas mineradas**. 2007. Tese de Doutorado.

Universidade de São Paulo. Disponível em: file:///D:\Pedro\Documents\Pedro\unb\TCC\Referências Acesso em: 22 de abr. 2021.

REICHARDT; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 2º ed. Barueri, SP: **Manole**, 2012.

REIS, A.; FANTINI, A. C.; REIS, M. S.; GUERRA, M. P.; DOEBELI, G. Aspectos sobre a conservação de biodiversidade e o manejo da floresta tropical Atlântica. **Revista Instituto Florestal**, n. 4, p. 169-173, mar. 1992. (Parte I).

SANTOS, Ilka Janielli de Andrade et al. Levantamento dos impactos ambientais e medidas mitigadoras para a recuperação de áreas degradadas do rio Estiva. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 4, n. 2, p. 111, 2017.

SILVA, V. A. G. Manual de avaliação e monitoramento de integridade ecológica, com uso de bioindicadores e ecologia de paisagens. **Trabalho de pós-graduação em conservação e sustentabilidade do ESCAS**. 2010.

SILVA, A. M.; CORREIA, A. M. M.; CÂNDIDO, G. A. Ecological Footprint Method: Avaliação da Sustentabilidade no Município de João Pessoa, PB. In: CÂNDIDO, G. A. (Org.). Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: Formas de aplicações em contextos geográficos diversos e contingências específicas. Campina Grande, PB: **UFCG**, 2010, p.236-271

SILVA, A. P. et al. Indicadores da qualidade física do solo. In: VAN LIER, Q. de J. (Ed.). Física do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 241-280. 2010.

SILVA, Jadielle Lidiane Clemente et al. Aspectos da degradação ambiental no Nordeste do Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 180-191, 2018.

SILVA, Michelangelo de Oliveira et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.