

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
PROGRAMA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES CAMINHOS DO SERTÃO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS LICENCIATURA

GERALDO BARBOSA ARAUJO

**CADEIAS ALIMENTARES E PIRÂMIDES ECOLÓGICAS: uma abordagem à
luz da literatura científica**

Amarante do Maranhão

2026

GERALDO BARBOSA ARAUJO

**ECOLOGIA COM ÊNFASE EM CADEIA ALIMENTAR E PIRÂMIDES
ECOLÓGICAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas Licenciatura, do Programa de Formação de Professores Caminhos do Sertão, da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Licenciado em Ciências Biológicas

Orientador(a): Antônio Robério Gomes Freire Filho

Amarante do Maranhão

2026

Ficha Catalográfica

A663c

Araujo, Geraldo Barbosa

Cadeias alimentares e pirâmides ecológicas: uma abordagem à luz da literatura científica. / Geraldo Barbosa Araujo. – Amarante do Maranhão, MA, 2026.

27 f. ;il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) Programa de Formação de Professores Caminhos do Sertão – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2026.

1. Sustentabilidade. 2. Biodiversidade. 3. Equilíbrio ecológico. 4. Conservação ambiental. 5. Fluxo de energia. I. Título.

CDU 57

Ficha elaborada pela Bibliotecária: **Clemilda Izaias Santos CRB – 13/626**

GERALDO BARBOSA ARAUJO

**ECOLOGIA COM ÊNFASE EM CADEIA ALIMENTAR E PIRÂMIDES
ECOLÓGICAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas Licenciatura, do Programa de Formação de Professores Caminhos do Sertão, da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Licenciado em Ciências Biológicas

Orientador(a): Antonio Robério Gomes Freire Filho

APROVADO EM: 10/06/2026

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIO ROBERIO GOMES FREIRE FILHO**
Data: 26/06/2026 08:25:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antônio Robério Gomes Freire Filho (Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **JEOVANIA OLIVEIRA LIMA**
Data: 25/06/2026 10:43:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Ma. Jeovania Oliveira Lima

Documento assinado digitalmente
 **EVERTON SOUSA FERREIRA**
Data: 26/06/2026 08:40:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Everton Sousa Ferreira

À memória de minha mãe, que permanece viva em cada conquista, ao meu pai, aos meus filhos e minha esposa, que são a razão de minha perseverança. Este trabalho é dedicado a vocês, que me inspiram a seguir e a acreditar que o conhecimento é o caminho para a eternidade.”
“Cada passo desta jornada foi e continua sustentado pelo amor, pela fé e pela esperança de que o saber transforma vidas e eterniza memórias.”

AGRADECIMENTOS

Procurei em toda a vastidão do vocabulário palavras que fossem capazes de traduzir a profundidade do meu sentimento de gratidão. Ainda assim, reconheço que nenhuma expressão humana é suficiente para dimensionar o que sinto neste momento tão especial.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela proteção constante e pelo cuidado em cada etapa desta jornada acadêmica. Foi Ele quem me sustentou nos momentos de cansaço e me fortaleceu diante dos inúmeros desafios, trabalhos e seminários que se apresentaram ao longo do percurso.

Aos meus pais, em especial à minha mãe que infelizmente não se encontra entre nós, expresso eterna gratidão pelo amor, incentivo e ensinamentos que moldaram meu caráter e sustentaram minha caminhada, tornando possível a realização deste sonho.

À minha esposa e companheira de vida, Miranilde Matos Mendes Araújo, expresso minha gratidão pelo amor, paciência e compreensão diante das minhas ausências em tantos finais de semana. Sua força e apoio foram fundamentais para que eu pudesse prosseguir.

Aos meus filhos, Gabriel, Cleberson e Mirabeh, dedico não apenas esta conquista, mas cada passo desta caminhada. Vocês são a luz que ilumina meus dias, a força que sustenta minha perseverança e a razão maior de nunca desistir. Cada vitória que alcanço carrega em si o reflexo do amor e da inspiração que encontro em vocês.

Não poderia deixar de mencionar meus amigos e colegas, que estiveram ao meu lado, incentivando-me a seguir em frente e a não desistir, mesmo diante das dificuldades. A amizade e o companheirismo de cada um foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este momento se tornasse realidade, deixo registrado meu mais profundo e eterno agradecimento.

Este trabalho não é apenas fruto de esforço individual, mas resultado de uma rede de apoio, amor e fé que me sustentou em cada passo.

“O homem só será verdadeiramente livre quando
aprender a viver em harmonia com a natureza.”

(Albert Schweitzer)

RESUMO

Este trabalho discute a ecologia com ênfase na cadeia alimentar e nas pirâmides ecológicas, destacando sua relevância para a compreensão da dinâmica dos ecossistemas e da manutenção do equilíbrio ambiental. A metodologia adotada consistiu em uma pesquisa bibliográfica, com análise de livros, artigos científicos e materiais acadêmicos. Os resultados evidenciaram que a maior parte dos estudos se concentra nas pirâmides ecológicas (oito artigos), seguidas pela cadeia alimentar (sete artigos) e pela biodiversidade e resiliência (cinco artigos). Essa distribuição mostra que as pirâmides são amplamente utilizadas como recurso didático e científico para representar a diminuição progressiva de energia, biomassa e número de indivíduos nos níveis tróficos. Na discussão, constatou-se que compreender a cadeia alimentar e as pirâmides ecológicas permite perceber, de forma clara e sistemática, como ocorre a circulação de energia e matéria dentro dos ecossistemas. Além disso, os resultados reforçam que qualquer alteração em um nível da cadeia pode repercutir em todo o sistema ecológico, comprometendo sua estabilidade. Conclui-se que o estudo desses conceitos amplia o entendimento das relações ecológicas e contribui para a conscientização sobre práticas sustentáveis, essenciais para a conservação da biodiversidade e dos recursos naturais.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Biodiversidade; Equilíbrio Ecológico; Conservação Ambiental; Fluxo de Energia

ABSTRACT

This study discusses ecology with emphasis on food chains and ecological pyramids, highlighting their relevance for understanding ecosystem dynamics and maintaining environmental balance. Ecology, as a branch of biology, investigates the interactions between organisms and their environment, allowing the analysis of energy and matter flows that sustain life. The food chain demonstrates the sequence of energy transfer among producers, consumers, and decomposers, emphasizing the role of each group in the continuity of vital processes. Ecological pyramids, in turn, are graphical representations that illustrate the distribution of energy, biomass, or number of individuals across different trophic levels, revealing the progressive reduction of these elements as one ascends the chain. The methodology adopted consisted of bibliographic research, based on the analysis of books, scientific articles, and academic materials, which enabled the understanding that both food chains and ecological pyramids are fundamental to explaining ecological dynamics and reinforcing the importance of environmental preservation. It is concluded that the study of these concepts broadens the understanding of ecological relationships and contributes to raising awareness about sustainable practices, essential for biodiversity conservation and the maintenance of natural resources.

Keywords: Sustainability; Biodiversity; Ecological Balance; Environmental Conservation; Energy Flow.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 FUNDAMENTOS DA ECOLOGIA	11
2.1 Cadeias Alimentares	14
2.2 Teias Alimentares.....	17
2.3 Pirâmide Ecológica e suas Implicações	18
2.4 Impactos das Ações Antrópicas nas Relações Tróficas	20
3 METODOLOGIA.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
6 REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A ecologia, enquanto ciência dedicada ao estudo das interações entre os organismos e o ambiente, constitui um campo essencial para compreender os processos que sustentam a vida e o equilíbrio dos ecossistemas (Odum, 2017), em sua obra clássica, já havia destacado que os ecossistemas funcionam como sistemas integrados de energia e matéria, sendo considerado o “pai da ecologia moderna”. Margalef (1991) complementa essa visão ao analisar ecossistemas aquáticos e demonstrar como os fluxos energéticos sustentam a estabilidade ecológica.

Em um cenário marcado por intensas transformações ambientais e pela crescente perda de biodiversidade, torna-se indispensável aprofundar conceitos que explicam a dinâmica ecológica, como a cadeia alimentar e as pirâmides ecológicas (Begon, 2020). Esses elementos permitem visualizar os fluxos de energia e matéria, bem como a interdependência entre os diferentes níveis tróficos, oferecendo subsídios para a conservação ambiental e para a formulação de políticas voltadas à sustentabilidade (Primack & Rodrigues, 2021).

Nesse contexto, Odum (2017) destaca que a cadeia alimentar e as pirâmides ecológicas são fundamentais para analisar o fluxo de energia e matéria, evidenciando como os seres vivos estão interligados e dependem uns dos outros para sobreviver. A cadeia alimentar descreve a sequência de transferência de energia entre produtores, consumidores e decompositores, ressaltando o papel de cada grupo na manutenção da vida. Begon (2020) complementa que as pirâmides ecológicas constituem representações gráficas que demonstram a distribuição de energia, biomassa ou número de indivíduos nos diferentes níveis tróficos, revelando a redução progressiva desses elementos à medida que se ascende na cadeia.

Diante desse panorama, a questão central deste estudo foi compreender a importância da cadeia alimentar e das pirâmides ecológicas para o equilíbrio dos ecossistemas. A escolha do tema justifica-se pela necessidade de aprofundar o entendimento das relações ecológicas e de sua relevância para a conservação da biodiversidade e da estabilidade ambiental, especialmente em um cenário marcado por impactos humanos crescentes (Loreau, 2020; Díaz *et al.*, 2020). O objetivo geral da pesquisa consistiu em analisar a função desses conceitos no funcionamento dos ecossistemas. Como objetivos específicos, buscou-se esclarecer o conceito de cadeia alimentar, explicar os diferentes níveis tróficos e examinar os tipos de pirâmides ecológicas, destacando suas implicações ecológicas.

Neste estudo, dialoga-se com autores clássicos e contemporâneos da ecologia que oferecem diferentes perspectivas sobre a dinâmica dos ecossistemas. Odum (2017) é referência fundamental ao abordar os fluxos de energia e matéria nos ecossistemas, enquanto Begon

(2020) contribui com análises sobre a organização das populações e comunidades. Primack e Rodrigues (2021) destacam a importância da conservação da biodiversidade para a estabilidade das cadeias alimentares, e Loreau (2020) apresenta avanços conceituais que conectam a ecologia às questões atuais de sustentabilidade. Além disso, Chapin, Matson e Vitousek (2022) discutem os impactos das mudanças globais sobre os fluxos tróficos, e Cardinale *et al.* (2020) reforçam a urgência da preservação diante da perda de espécies. Esses autores constituem o referencial teórico que sustenta a análise desenvolvida neste trabalho, permitindo compreender a relevância das cadeias alimentares e das pirâmides ecológicas para o equilíbrio dos ecossistemas.

A investigação foi desenvolvida com base em revisão bibliográfica, utilizando obras e artigos científicos da área da ecologia que discutem a organização e o funcionamento dos ecossistemas. A análise infere que tanto as cadeias alimentares quanto as pirâmides ecológicas são essenciais para compreender a dinâmica ecológica, reforçando a importância da preservação ambiental como condição indispensável para a sustentabilidade e a continuidade da vida no planeta (Chapin, Matson & Vitousek, 2022; Cardinale *et al.*, 2020).

Na visão de Joly (2011), a diversidade vegetal ocupa papel central na sustentação dos ecossistemas, pois os produtores formam a base das cadeias alimentares e garantem o fluxo contínuo de energia e matéria. O autor enfatiza que compreender a variedade e evolução das plantas é essencial para analisar a produtividade ecológica e o equilíbrio entre os organismos, já que qualquer alteração na composição da flora repercute diretamente nos níveis tróficos superiores. Dessa forma, Joly reforça que a conservação da biodiversidade vegetal não é apenas um aspecto botânico, mas uma condição indispensável para a estabilidade das pirâmides ecológicas e para a manutenção da vida nos ecossistemas.

2 FUNDAMENTOS DA ECOLOGIA

A ecologia, enquanto ciência que analisa as interações entre os organismos e o ambiente, constitui um campo essencial para compreender os processos que sustentam a vida e o equilíbrio dos ecossistemas (Odum, 2017). Dentro dessa perspectiva, a cadeia alimentar e as pirâmides ecológicas representam conceitos centrais, pois permitem visualizar como a energia e a matéria circulam entre os diferentes níveis tróficos, evidenciando a interdependência entre produtores, consumidores e decompositores (Begon, 2020; Loreau, 2020). A compreensão dessas estruturas

é indispensável para analisar a dinâmica ecológica e propor estratégias de conservação ambiental (Primack & Rodrigues, 2021; Chapin, Matson & Vitousek, 2022).

A ecologia fundamenta-se em conceitos básicos que estruturam seu campo de estudo. Entre eles, destacam-se os níveis de organização ecológica: o organismo, entendido como a unidade individual da vida; a população, formada por indivíduos da mesma espécie que coexistem em determinada área; a comunidade, composta por diferentes populações que interagem em um mesmo espaço; o ecossistema, que integra os componentes bióticos e abióticos em constante interação; e, por fim, a biosfera, que representa o conjunto de todos os ecossistemas do planeta. Esses níveis permitem compreender como os sistemas naturais se organizam e se mantêm em equilíbrio dinâmico, constituindo a base para os estudos ecológicos (Odum, 1969; Begon, 2020).

Como bem explica Odum (1969):

A ecologia é o estudo da estrutura e do funcionamento da natureza. Ela busca compreender como os organismos interagem entre si e com o ambiente, formando sistemas complexos que se mantêm em equilíbrio dinâmico. O ecossistema é, portanto, a unidade fundamental da ecologia, onde energia e matéria circulam em um fluxo contínuo e interdependente.” (ODUM, 1969, p. 45)

Como bem ressalta o autor, estudar ecologia é compreender a vida em sua totalidade, reconhecendo que cada organismo e cada processo fazem parte de um sistema maior, cujo funcionamento depende da harmonia entre todas as partes.

Nos ecossistemas, a energia flui de maneira unidirecional, iniciando-se nos produtores, organismos autotróficos como plantas e algas e passando pelos diferentes níveis de consumidores até chegar aos decompositores, que reciclam a matéria orgânica. Esse fluxo é limitado, pois parte da energia se perde em forma de calor a cada transferência trófica. Já a ciclagem da matéria ocorre de forma contínua, envolvendo elementos como carbono, nitrogênio e fósforo, que circulam entre os componentes bióticos e abióticos. Essa dinâmica garante a renovação dos recursos naturais e evidencia a importância da biodiversidade para a manutenção da estabilidade ecológica (Loreau, 2020; Chapin, Matson & Vitousek, 2022)

Primack e Rodrigues (2021) destacam que a manutenção da biodiversidade depende diretamente da estabilidade das cadeias alimentares, uma vez que cada espécie desempenha papel fundamental na sustentação dos ecossistemas. A perda de organismos em qualquer nível trófico compromete a resiliência ecológica e pode gerar desequilíbrios que afetam toda a estrutura ambiental. Essa visão reforça a necessidade de integrar os estudos ecológicos às políticas de conservação, de modo a garantir a continuidade dos processos vitais.

May (1973) contribuiu para esse debate ao demonstrar, por meio de modelos matemáticos, que a estabilidade das comunidades depende da complexidade das interações tróficas. Essa perspectiva reforça que cadeias alimentares mais diversas tendem a ser mais resilientes diante de perturbações externas.

Loreau (2020) acrescenta que as pirâmides ecológicas são representações gráficas que permitem compreender a distribuição de energia e biomassa nos ecossistemas, revelando a limitação da produtividade nos níveis superiores da cadeia alimentar. Essa abordagem contemporânea conecta os conceitos clássicos da ecologia com os desafios atuais da sustentabilidade, demonstrando que a redução progressiva da energia disponível torna os ecossistemas vulneráveis a perturbações externas.

Autores como Chapin, Matson e Vitousek (2022) reforçam que os “[...] fluxos tróficos e as pirâmides ecológicas são diretamente afetados pelas mudanças globais, como alterações climáticas e degradação ambiental”. A compreensão desses processos é indispensável para prever impactos futuros e propor estratégias de mitigação. Nesse sentido, a ecologia contemporânea não se limita a explicar os mecanismos naturais, mas também busca oferecer subsídios para enfrentar problemas ambientais de escala global.

Díaz *et al.* (2020) enfatizam que a “[...] biodiversidade é o principal fator que garante a estabilidade das cadeias alimentares e das pirâmides ecológicas”. Ou seja, a redução da diversidade biológica compromete a resiliência dos ecossistemas, tornando-os mais suscetíveis a desequilíbrios e colapsos. Observa-se que a perspectiva atual evidencia que a conservação da biodiversidade não é apenas uma questão ética ou estética, mas uma condição indispensável para a manutenção da vida e da estabilidade ecológica.

Cardinale *et al.* (2020) dá sua contribuição com o presente estudo ao demonstrar que a perda de biodiversidade compromete diretamente os fluxos tróficos e a estabilidade dos ecossistemas, tornando urgente a preservação dos recursos naturais. Ao relacionar os conceitos de cadeia alimentar e pirâmides ecológicas com os impactos da perda de espécies, os autores reforçam a importância de políticas ambientais voltadas à sustentabilidade e à proteção da diversidade biológica.

Acredita-se que a análise da literatura evidencia que a cadeia alimentar representa uma sequência de transferência de energia entre os organismos dentro de um ecossistema. Esse processo inicia-se com os produtores, organismos capazes de produzir seu próprio alimento por meio da fotossíntese. Os consumidores ocupam os níveis seguintes da cadeia alimentar, podendo ser classificados em consumidores primários, secundários e terciários, dependendo da

posição que ocupam. Esses organismos dependem diretamente ou indiretamente da energia produzida pelos produtores.

Portanto, as pirâmides ecológicas, representam graficamente a distribuição de energia, biomassa ou número de indivíduos nos diferentes níveis tróficos. Existem três tipos principais: pirâmide de energia, pirâmide de biomassa e pirâmide de números. A pirâmide de energia demonstra que a quantidade de energia diminui progressivamente a cada nível trófico, evidenciando a importância dos produtores na manutenção dos ecossistemas. Esses resultados reforçam que a compreensão das cadeias alimentares e das pirâmides ecológicas é fundamental para entender o funcionamento dos ecossistemas e a manutenção do equilíbrio ambiental.

Assim, o referencial teórico evidencia que tanto as cadeias alimentares quanto as pirâmides ecológicas são instrumentos indispensáveis para compreender a dinâmica ecológica. Elas permitem analisar como os organismos estão interligados e como a energia se dissipa ao longo dos níveis tróficos, reforçando a importância da conservação da biodiversidade e da estabilidade ambiental em um cenário marcado por crescentes impactos antrópicos.

Leff (2009) traz uma perspectiva crítica latino-americana ao relacionar ecologia, economia e cultura, argumentando que “[...] a racionalidade ambiental deve valorizar a diversidade e a sustentabilidade como fundamentos para enfrentar a crise ecológica contemporânea”.

2.1 Cadeias Alimentares

As cadeias alimentares representam o fluxo de energia e matéria nos ecossistemas, conectando produtores, consumidores e decompositores em uma sequência de interdependência. Os produtores, como plantas e algas, ocupam o primeiro nível trófico, seguidos pelos consumidores primários, secundários e terciários, enquanto os decompositores reciclam nutrientes e garantem a continuidade dos ciclos naturais. Essa estrutura evidencia que a energia diminui progressivamente a cada transferência, enquanto a matéria é constantemente reciclada. Estudos recentes reforçam que compreender essa dinâmica é essencial para prever impactos ambientais e propor estratégias de conservação (Thompson et al., 2022; Mora et al., 2023).

As cadeias alimentares podem ser classificadas em diferentes tipos, como a pastoral, que se inicia nos produtores vegetais e segue para herbívoros e carnívoros, e a detritívora, que começa com a matéria orgânica em decomposição e envolve organismos detritívoros e seus predadores. Pesquisas contemporâneas demonstram que essas cadeias não devem ser vistas de forma linear,

mas como redes tróficas complexas, capazes de aumentar a resiliência dos ecossistemas diante de perturbações externas (Estes & Stein, 2021; González et al., 2024). A perda de espécies em qualquer nível trófico compromete não apenas a estrutura das cadeias, mas também os serviços ecossistêmicos que sustentam a vida humana, como a regulação climática e a produção de alimentos, tornando urgente a conservação da biodiversidade (Mora et al., 2023).

A integração entre os conceitos clássicos e as abordagens contemporâneas demonstra que a ecologia, com ênfase nas cadeias alimentares e nas pirâmides ecológicas, constitui um campo de estudo essencial para enfrentar os desafios ambientais do século XXI.

Nos últimos anos, diversos estudos têm ampliado a compreensão das cadeias alimentares e das pirâmides ecológicas, relacionando-as diretamente às mudanças ambientais globais e às novas abordagens de sustentabilidade. Segundo Estes & Stein (2021), as cadeias alimentares devem ser analisadas como redes tróficas complexas, em que múltiplas interações entre espécies garantem maior estabilidade ecológica.

De acordo com Thompson *et al.* (2022), as pirâmides ecológicas também precisam ser reinterpretadas à luz das alterações climáticas. Os autores demonstram que a redução da produtividade primária em ecossistemas terrestres e aquáticos afeta diretamente os níveis superiores da cadeia alimentar, tornando predadores de topo mais vulneráveis. Essa abordagem reforça que compreender os fluxos energéticos é indispensável para prever os impactos das mudanças globais sobre a biodiversidade.

A importância ecológica das cadeias alimentares e das pirâmides ecológicas está diretamente relacionada à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas. As cadeias alimentares revelam como a energia e a matéria circulam entre produtores, consumidores e decompositores, enquanto as pirâmides ecológicas permitem visualizar graficamente essa distribuição, evidenciando a diminuição progressiva da energia a cada nível trófico.

Estudos recentes demonstram que compreender essas estruturas é essencial para prever os impactos das mudanças ambientais globais e para garantir a resiliência dos ecossistemas diante da perda de biodiversidade (Thompson et al., 2022; Mora et al., 2023; González et al., 2024). Dessa forma, tanto as cadeias alimentares quanto as pirâmides ecológicas constituem instrumentos indispensáveis para a conservação ambiental e para a sustentabilidade da vida no planeta.

Já Mora *et al.* (2023) destacam que a perda de espécies não compromete apenas a estrutura das cadeias alimentares, mas também os serviços ecossistêmicos que sustentam a vida humana. Para os autores, a simplificação das pirâmides ecológicas, causada pela extinção de

organismos-chave, reduz a capacidade dos ecossistemas de fornecer recursos como alimento, água e regulação climática.

Outro estudo relevante é o de González *et al.* (2024), que enfatiza a importância das teias alimentares como representações mais realistas das interações ecológicas. Eles demonstram que organismos podem ocupar diferentes posições tróficas ao longo de sua vida, o que torna as pirâmides ecológicas dinâmicas e sujeitas a variações temporais e espaciais. Essa perspectiva amplia a compreensão da ecologia e conecta os conceitos clássicos às novas metodologias de análise.

Stein (2021) defendem que as cadeias alimentares devem ser analisadas como redes tróficas complexas, em que múltiplas interações entre espécies garantem maior estabilidade ecológica. Essa visão rompe com a linearidade tradicional e evidencia que a diversidade de conexões é um fator essencial para a resiliência dos ecossistemas.

De acordo com Thompson *et al.* (2022), as pirâmides ecológicas precisam ser reinterpretadas à luz das mudanças climáticas, pois a redução da produtividade primária em ecossistemas terrestres e aquáticos afeta diretamente os níveis superiores da cadeia alimentar, tornando predadores de topo mais vulneráveis. Essa abordagem reforça que compreender os fluxos energéticos é indispensável para prever os impactos das mudanças globais sobre a biodiversidade.

Já Mora *et al.* (2023) destacam que a perda de espécies compromete não apenas a estrutura das cadeias alimentares, mas também os serviços ecossistêmicos que sustentam a vida humana. Para os autores, a simplificação das pirâmides ecológicas, causada pela extinção de organismos-chave, reduz a capacidade dos ecossistemas de fornecer recursos como alimento, água e regulação climática.

Outro estudo relevante é o de González *et al.* (2024), que enfatiza a importância das teias alimentares como representações mais realistas das interações ecológicas. Eles demonstram que organismos podem ocupar diferentes posições tróficas ao longo de sua vida, o que torna as pirâmides ecológicas dinâmicas e sujeitas a variações temporais e espaciais. Essa perspectiva amplia a compreensão da ecologia e conecta os conceitos clássicos às novas metodologias de análise.

No contexto brasileiro, Lima (2025) reforça que a cadeia alimentar é uma ferramenta essencial para compreender o fluxo de energia e matéria nos ecossistemas, destacando o papel dos superpredadores no controle populacional. Já Oda (2023) diferencia cadeia alimentar de teia alimentar, ressaltando que as teias representam melhor a complexidade das interações

ecológicas e são fundamentais para explicar a resiliência dos ecossistemas.

Essas contribuições contemporâneas demonstram que o estudo das cadeias alimentares e das pirâmides ecológicas não se limita a uma abordagem estática, mas deve ser entendido como um campo dinâmico, em constante transformação diante das pressões ambientais e sociais. A integração entre autores clássicos e recentes fortalece o referencial teórico e evidencia que compreender essas estruturas é condição indispensável para enfrentar os desafios ecológicos do século XXI.

2.2 Teias Alimentares

As teias alimentares representam uma forma mais realista de compreender as interações ecológicas, pois diferentemente das cadeias alimentares lineares, elas evidenciam a complexidade das relações tróficas em um ecossistema. Nelas, os organismos podem ocupar diferentes posições tróficas ao longo de sua vida, o que torna a dinâmica ecológica mais flexível e resiliente. Estudos recentes destacam que essa abordagem amplia a compreensão da ecologia, permitindo analisar como múltiplas conexões entre espécies garantem maior estabilidade diante de perturbações ambientais (Estes & Stein, 2021; González et al., 2024).

A análise das teias alimentares é fundamental para prever os impactos das mudanças globais sobre a biodiversidade. Pesquisas contemporâneas demonstram que a redução da produtividade primária, causada por alterações climáticas, afeta diretamente os níveis superiores da teia, tornando predadores de topo mais vulneráveis. Além disso, a perda de espécies-chave compromete não apenas a estrutura das interações tróficas, mas também os serviços ecossistêmicos que sustentam a vida humana, como a regulação climática e a produção de alimentos (Thompson et al., 2022; Mora et al., 2023).

Outro aspecto relevante é que as teias alimentares evidenciam a importância da diversidade biológica para a resiliência dos ecossistemas. Quanto maior a complexidade das conexões entre espécies, maior a capacidade de absorver impactos e manter o equilíbrio ecológico. Essa visão rompe com a linearidade tradicional das cadeias alimentares e reforça que a conservação da biodiversidade é indispensável para a estabilidade ecológica em cenários de crescente pressão antrópica. Assim, compreender as teias alimentares é essencial para propor estratégias de conservação e sustentabilidade que respondam aos desafios ambientais contemporâneos (González et al., 2024; Mora et al., 2023).

2.3 Pirâmides Ecológicas

As pirâmides ecológicas são representações gráficas que mostram como energia, biomassa ou número de indivíduos se distribuem entre os níveis tróficos de um ecossistema. Elas permitem compreender a dinâmica das cadeias alimentares e evidenciam a diminuição progressiva da energia a cada transferência (Rockström et al., 2020).

A importância dessas pirâmides está em revelar a dependência dos níveis superiores em relação aos produtores. Alterações na base comprometem toda a estrutura, tornando os ecossistemas mais vulneráveis. Estudos recentes reforçam que compreender essas pirâmides é essencial para avaliar os impactos das mudanças ambientais e da perda de biodiversidade (IPBES, 2019; BRONDIZIO et al., 2020).

A pirâmide de números mostra a quantidade de indivíduos em cada nível trófico, mas pode apresentar distorções, já que um único produtor pode sustentar muitos consumidores. A pirâmide de biomassa, por sua vez, representa a massa orgânica total, sendo mais precisa, embora em ecossistemas aquáticos possa aparecer invertida devido à rápida renovação dos produtores (RIPPLE et al., 2021).

Por fim, a pirâmide de energia é considerada a mais adequada, pois mostra o fluxo energético ao longo do tempo e nunca se inverte. Ela evidencia que a energia diminui em cada nível trófico, reforçando a necessidade de conservar os produtores que sustentam toda a estrutura ecológica (BRONDIZIO et al., 2020).

A pirâmide ecológica constitui uma das representações mais importantes para compreender a dinâmica dos ecossistemas, pois permite visualizar como a energia, a biomassa e o número de indivíduos se distribuem entre os diferentes níveis tróficos. Essa estrutura gráfica evidencia que a quantidade de energia diminui progressivamente à medida que se ascende na cadeia alimentar, reforçando a centralidade dos produtores na manutenção da vida.

Segundo Odum (2017), o ecossistema é a unidade fundamental da ecologia, e nele a energia circula em fluxo contínuo e interdependente. Essa perspectiva mostra que a pirâmide de energia é indispensável para compreender como os organismos se sustentam mutuamente e como a perda de energia em cada transferência condiciona a organização dos níveis tróficos. Como afirma o autor supracitado “[...] o ecossistema é a unidade fundamental da ecologia, onde energia e matéria circulam em um fluxo contínuo e interdependente” (p. 45).

Begon (2020) complementa essa análise ao destacar que as pirâmides ecológicas refletem a limitação energética que condiciona a sobrevivência das espécies. Para o autor, “[...]”

compreender a ecologia exige analisar desde os indivíduos até os ecossistemas completos, o que torna a pirâmide uma ferramenta essencial para interpretar a estabilidade das comunidades e a resiliência ecológica”.

Na visão de Primack e Rodrigues (2021), a conservação da biodiversidade é diretamente relacionada à estabilidade das pirâmides ecológicas. Para os autores:

Cada espécie desempenha papel fundamental na sustentação dos ecossistemas, e a perda de organismos em qualquer nível trófico compromete a resiliência ecológica. Assim, a pirâmide não é apenas uma representação teórica, mas um instrumento que revela a importância da diversidade biológica para o equilíbrio ambiental (PRIMACK; RODRIGUES, 2021, p. 134).

Conforme os autores evidencia-se que a biodiversidade não pode ser dissociada da análise das pirâmides ecológicas, já que cada espécie contribui para a manutenção dos fluxos energéticos e da estabilidade dos ecossistemas. Dessa forma, o argumento dos autores conecta a teoria ecológica às práticas de conservação, mostrando que proteger a diversidade biológica é condição indispensável para a sustentabilidade ambiental.

Em seus estudos Loreau (2020) acrescenta que as “[...] pirâmides ecológicas revelam a redução progressiva da energia disponível nos níveis superiores, demonstrando a vulnerabilidade dos ecossistemas diante de perturbações externas”. Observa-se que essa abordagem conecta os conceitos clássicos da ecologia às questões atuais de sustentabilidade, mostrando que compreender os limites energéticos é condição para propor estratégias de uso racional dos recursos naturais.

Autores como Chapin, Matson e Vitousek (2022) reforçam que os fluxos tróficos e as pirâmides ecológicas são diretamente afetados pelas mudanças globais, como alterações climáticas e degradação ambiental. Essa perspectiva amplia o debate ao mostrar que a pirâmide ecológica não é estática, mas dinâmica, sujeita a transformações diante das pressões antrópicas. Para os autores, “[...] fluxos tróficos e pirâmides ecológicas são diretamente afetados pelas mudanças globais, como alterações climáticas e degradação ambiental” (CHAPIN; MATSON; VITOUSEK, 2022, p. 112).

De forma complementar, Cardinale *et al.* (2020) demonstram que “[...] a perda de biodiversidade compromete diretamente os fluxos tróficos e a estabilidade dos ecossistemas, tornando urgente a preservação dos recursos naturais”. Nesse sentido, a pirâmide ecológica revela como a redução da diversidade biológica fragiliza os ecossistemas e aumenta o risco de colapsos.

Entre os autores contemporâneos, é importante destacar Estes e Stein (2021), os quais

defendem que “[...] as pirâmides devem ser analisadas como parte de redes tróficas complexas, em que múltiplas interações entre espécies garantem maior estabilidade ecológica”. Já Mora *et al.* (2023) ressaltam que a simplificação das pirâmides ecológicas, causada pela extinção de organismos-chave, compromete os serviços ecossistêmicos que sustentam a vida humana. Por fim, González *et al.* (2024) enfatizam que as pirâmides ecológicas devem ser vistas como estruturas dinâmicas, já que organismos podem ocupar diferentes posições tróficas ao longo da vida, o que amplia a complexidade das interações ecológicas.

2.4 Impactos das Ações Antrópicas nas Relações Tróficas

As atividades humanas têm alterado profundamente as cadeias alimentares e as pirâmides ecológicas, comprometendo o fluxo de energia e a ciclagem da matéria nos ecossistemas. O avanço do desmatamento, da poluição e das mudanças climáticas reduz a produtividade primária, fragilizando os produtores que sustentam os níveis tróficos superiores. Essa perda de base energética afeta herbívoros e predadores de topo, tornando os ecossistemas mais vulneráveis a desequilíbrios e colapsos (Rockström *et al.*, 2020).

Outro impacto relevante é a simplificação das teias alimentares, causada pela extinção de espécies-chave. Quando organismos fundamentais desaparecem, as interações tróficas tornam-se menos complexas, diminuindo a resiliência ecológica. Essa redução compromete serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação climática, a produção de alimentos e a manutenção da qualidade da água. Pesquisas recentes reforçam que a perda de biodiversidade está diretamente ligada à instabilidade das pirâmides ecológicas e ao aumento da vulnerabilidade dos ecossistemas frente às pressões humanas (IPBES, 2019; Brondizio *et al.*, 2020).

Além disso, práticas como a sobrepesca e a caça excessiva geram efeitos em cascata nas relações tróficas, alterando populações e rompendo conexões entre espécies. A redução de predadores marinhos, por exemplo, pode levar ao aumento descontrolado de organismos menores, modificando a dinâmica da ciclagem da matéria e da energia. Estudos contemporâneos demonstram que apenas ecossistemas com alta diversidade e complexidade trófica conseguem manter sua funcionalidade diante das pressões antrópicas, reforçando a necessidade urgente de políticas de conservação e restauração ambiental (Ripple *et al.*, 2021).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa e de caráter bibliográfico. A abordagem qualitativa, conforme Minayo (2016), busca compreender e interpretar fenômenos em profundidade, privilegiando a análise dos significados e das relações sociais e naturais em vez da quantificação dos dados. Esse tipo de investigação é especialmente adequado para estudos voltados à ecologia, pois permite explorar os processos que envolvem cadeias alimentares e pirâmides ecológicas, considerando sua complexidade e interdependência.

Segundo Gil (2019):

A pesquisa social é um processo sistemático de investigação, que busca compreender os fenômenos sociais por meio da observação, análise e interpretação. Ela não se limita à coleta de dados, mas envolve também a construção de significados, permitindo ao pesquisador compreender a realidade em sua complexidade. Assim, a pesquisa é instrumento de transformação e de produção de conhecimento. (GIL, 2019, p. 42)”

Para o autor, a pesquisa não é apenas uma coleta de dados, mas um processo sistemático e interpretativo, que visa entender os fenômenos em sua complexidade, tornando-se um instrumento de transformação e produção de conhecimento.

Foram analisados uma média de 15 artigos científicos e livros de referência na área da ecologia, todos relacionados à cadeia alimentar e às pirâmides ecológicas. A escolha das obras se deu pela relevância científica, atualidade e reconhecimento acadêmico, priorizando autores clássicos como Odum (2017), Begon (2020) e Ricklefs (2003), além de estudos contemporâneos como Primack e Rodrigues (2021), Loreau (2020), Chapin, Matson e Vitousek (2022) e Cardinale *et al.* (2020).

A pesquisa buscou responder às seguintes questões centrais: qual é a importância da cadeia alimentar para o equilíbrio dos ecossistemas? De que forma as pirâmides ecológicas representam a distribuição de energia, biomassa e número de indivíduos nos diferentes níveis tróficos? Como a perda de biodiversidade e as mudanças ambientais globais afetam a estabilidade das cadeias alimentares e das pirâmides ecológicas?

As principais bases de dados utilizadas foram *Google Scholar*, *Scielo* e *PubMed*, além de bibliotecas digitais institucionais. Essas plataformas foram escolhidas por disponibilizarem artigos revisados por pares e materiais acadêmicos confiáveis. As palavras-chave empregadas na busca foram: ecologia, cadeia alimentar, pirâmides ecológicas, fluxos tróficos,

biodiversidade e equilíbrio dos ecossistemas. A combinação desses termos permitiu localizar estudos relevantes e diretamente relacionados ao tema da pesquisa.

A coleta de dados foi realizada por meio da seleção criteriosa de obras científicas disponíveis em bibliotecas digitais, livros didáticos e periódicos acadêmicos. Esse processo, conforme Severino (2007), exige rigor metodológico, uma vez que a pesquisa bibliográfica não se limita à simples consulta de fontes, mas envolve análise, interpretação e síntese das contribuições teóricas. A análise das informações ocorreu por meio da comparação das ideias apresentadas pelos autores, permitindo discutir os conceitos fundamentais relacionados à organização e ao funcionamento das cadeias alimentares e das pirâmides ecológicas.

Esse procedimento metodológico possibilitou compreender que tanto as cadeias alimentares quanto as pirâmides ecológicas são instrumentos essenciais para explicar a dinâmica ecológica, reforçando a importância da preservação ambiental e da sustentabilidade como condições indispensáveis para a manutenção da biodiversidade e dos recursos naturais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura permitiu reunir aproximadamente 15 artigos e livros de referência. Desses, cerca de 7 trabalhos abordaram diretamente a cadeia alimentar, enfatizando os fluxos de energia e matéria entre produtores, consumidores e decompositores. Outros 8 estudos discutiram as pirâmides ecológicas, destacando a distribuição de energia, biomassa e número de indivíduos nos diferentes níveis tróficos. Essa divisão evidencia que os dois conceitos são complementares e indispensáveis para compreender a dinâmica dos ecossistemas conforme tabela abaixo:

Tabela 1 - Distribuição dos artigos analisados

Tema abordado	Quantidade de artigos	Referências
Cadeia alimentar	7	Begon (2020), Cardinale, B. J. <i>et al.</i> (2020), Chapin, F. S.; Matson, P.; Vitousek, P. (2022), Joly, A. B. (2011), Loreau, M. (2020), Odum (2017), Ricklefs (2003),
Pirâmides ecológicas	8	Begon, M. (2020), Cardinale <i>et al.</i> (2020), Chapin <i>et al.</i> (2022), Estes, J.; Stein, R. (2021), González, A. <i>et al.</i> (2024), Loreau (2020), Loreau, M. (2020), Mora, C. <i>et al.</i> (2023), Odum (2017), Primack & Rodrigues (2021),
Biodiversidade e resiliência	5	Cardinale, B. J. <i>et al.</i> (2020), Díaz <i>et al.</i> (2020), Estes, J.; Stein, R. (2021), Leff, E. (2009), Mora <i>et al.</i> (2023)

Fonte: Elaboração própria (2026)

A tabela apresentada resume de forma clara os resultados da pesquisa bibliográfica, permitindo visualizar a distribuição dos estudos conforme os temas centrais do trabalho. De forma resumida, a tabela mostra que a maior parte dos estudos analisados se concentrou nas pirâmides ecológicas, com oito artigos que exploram a distribuição de energia, biomassa e número de indivíduos.

Em seguida, sete trabalhos abordaram a cadeia alimentar, destacando o papel dos produtores e consumidores na transferência de energia. Por fim, cinco estudos trataram da biodiversidade e resiliência, relacionando a diversidade biológica à estabilidade dos ecossistemas.

Além disso, a cadeia alimentar, revela a interdependência entre os organismos, mostrando que cada espécie desempenha um papel essencial na transferência de energia e na reciclagem de nutrientes. Os produtores formam a base, sustentando os consumidores e os decompositores, que garantem o retorno da matéria ao ambiente. Essa dinâmica contínua assegura o equilíbrio ecológico e a estabilidade dos ecossistemas.

Figura 1 – Cadeia alimentar



Fonte: Google Imagens. Adaptado de Odum (2017) e Begon (2020). Disponível em: <https://www.google.com>. Acesso em: 09 maio 2026.

A figura acima apresenta o fluxo de energia existente entre os diferentes níveis tróficos de um ecossistema onde pode ser observado que o produtor (grama) ocupa a base da cadeia, pois é responsável pela captação da energia solar e transformá-la em matéria orgânica através da fotossíntese. Já o consumidor primário (gafanhoto) se alimenta diretamente dos produtores e transfere a energia para o próximo nível. O consumidor secundário (sapo) por sua vez, consome os herbívoros, dando assim continuidade ao processo. Em relação ao consumidor terciário (cobra) representa um predador que se alimenta dos consumidores secundários, revelando a hierarquia trófica. Finalmente o predador de topo (águia) ocupando o nível mais

alto, embora sem predadores naturais, é dependente de toda a base da cadeia para poder sobreviver.

O que a imagem reforça é que cada nível depende do anterior e que a energia diminui progressivamente a cada transferência, conectando-se diretamente ao conceito das pirâmides ecológicas, que representam graficamente essa redução de energia, biomassa ou número de indivíduos. Essa relação demonstra a importância da manutenção de todos os níveis tróficos para garantir o equilíbrio ecológico e a estabilidade dos ecossistemas.

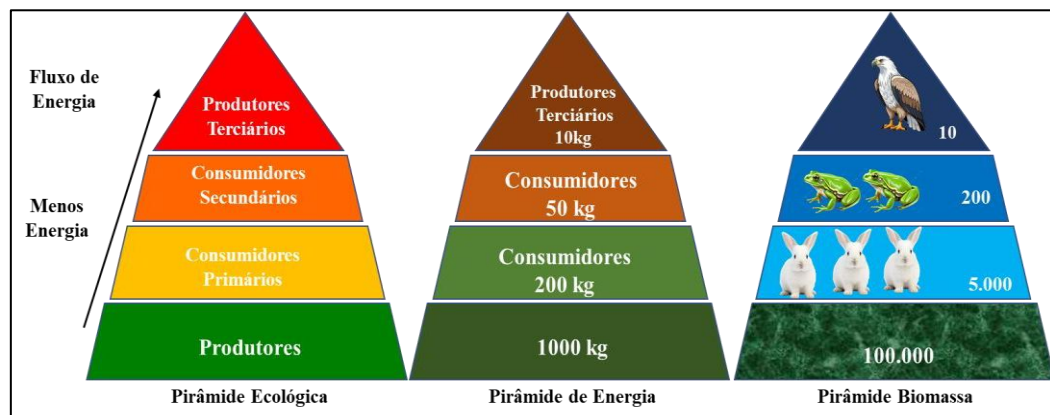
A figura reforça o conceito de interdependência ecológica, mostrando que cada nível trófico é essencial para a manutenção da vida e do equilíbrio ambiental. Nesse sentido, autores como Odum (2017), Ricklefs (2003) e Begon, Townsend & Harper (2020) destacam que as cadeias alimentares são fundamentais para compreender o fluxo de energia e matéria nos ecossistemas. Já Primack & Rodrigues (2021) relacionam a conservação da biodiversidade à manutenção dessas relações tróficas, evidenciando que a perda de espécies compromete diretamente o funcionamento dos ecossistemas. Dessa forma, compreender a cadeia alimentar é reconhecer que a preservação das relações ecológicas é indispensável à sobrevivência das espécies e à manutenção da vida na Terra.

Tilman (1996) evidenciou que ecossistemas com maior diversidade de espécies apresentam maior produtividade, mostrando que a biodiversidade é um fator essencial para a manutenção das pirâmides ecológicas.

Os resultados mostram que a cadeia alimentar constitui um processo fundamental na transferência de energia entre os organismos que compõem um ecossistema. Esse fluxo inicia-se nos produtores, organismos autotróficos dotados da capacidade de sintetizar seu próprio alimento por meio da fotossíntese, os quais sustentam todos os demais níveis tróficos.

A partir deles, a energia é transmitida aos consumidores, que se organizam em categorias hierárquicas: primários, secundários e terciários, conforme a posição que ocupam na cadeia. Cada nível depende, de forma direta ou indireta, da energia originada nos produtores, evidenciando a intricada interdependência que caracteriza os sistemas ecológicos. Para melhor entendimento observe as figuras abaixo:

Figura 2 – Pirâmides: ecológica, de energia e de biomassa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Odum (2017), Begon (2020), Primack & Rodrigues (2021) e Loreau (2020).

A figura apresenta de forma clara o funcionamento dos ecossistemas: observa-se que a base é formada pelos produtores que sustentam toda a estrutura, enquanto os consumidores primários, secundários e terciários aparecem distribuídos nas camadas sucessivas, com cada vez menos disponibilidade de energia e biomassa. Essa redução progressiva, existente nas três pirâmides, confirma a ideia de Odum (2017) o qual afirma que o ecossistema é um fluxo contínuo de energia e matéria. Begon (2020) vem também reforçar que compreender essa hierarquia é indispensável para interpretar a estabilidade das comunidades. Primack e Rodrigues (2021) destacam que a biodiversidade é indispensável para manutenção do equilíbrio dessas pirâmides, visto que cada espécie desempenha um papel único. Por fim Loreau (2020), complementa que a vulnerabilidade dos níveis superiores expõe como os ecossistemas podem ser afetados por perturbações externas.

O uso da figura não é meramente ilustrativa, pois, ela dialoga diretamente com os autores e evidenciando assim que a manutenção da diversidade e dos fluxos energéticos é condição primordial para a sustentabilidade e a resiliência dos ecossistemas.

Diante disso, considera-se relevante que novas pesquisas possam aprofundar esse tema, investigando, por exemplo, de que maneira as ações humanas têm interferido nas cadeias alimentares e na organização dos ecossistemas. Estudos futuros também podem enriquecer essa discussão por meio de pesquisas de campo, análises comparativas entre diferentes ambientes ou abordagens interdisciplinares que integrem a ecologia com outras áreas do conhecimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho buscou-se refletir sobre a seguinte questão norteadora: qual é a importância da cadeia alimentar e das pirâmides ecológicas para a compreensão do funcionamento e do equilíbrio dos ecossistemas? A partir dessa indagação, analisou-se como tais conceitos contribuem para explicar as relações que se estabelecem entre os seres vivos e o ambiente em que estão inseridos.

Os resultados da pesquisa bibliográfica mostraram que o tema pirâmides ecológicas foi o mais abordado, com oito artigos que discutem a distribuição de energia, biomassa e número de indivíduos nos ecossistemas (Primack & Rodrigues, 2021; Loreau, 2020; Chapin *et al.*, 2022; Cardinale *et al.*, 2020). Em seguida, a cadeia alimentar apareceu em sete estudos, com destaque para autores clássicos como Odum (2017), Begon (2020) e Ricklefs (2003), que reforçam a importância dos produtores e consumidores na manutenção do fluxo de energia. Por fim, a biodiversidade e resiliência foi tratada em cinco artigos, evidenciando, conforme Díaz *et al.* (2020) e Mora *et al.* (2023), que a diversidade biológica é essencial para a estabilidade das cadeias e pirâmides ecológicas.

Esses resultados confirmam a hipótese inicial de que compreender a cadeia alimentar e as pirâmides ecológicas permite perceber, de forma clara e sistemática, como ocorre a circulação de energia e matéria dentro dos ecossistemas. Além disso, evidenciam que os organismos não vivem de maneira isolada, mas estão profundamente interligados por relações de alimentação e dependência, de modo que qualquer alteração em um nível trófico pode repercutir em todo o sistema ecológico.

Assim, o objetivo geral do estudo foi plenamente alcançado, uma vez que se conseguiu analisar a importância desses conceitos para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas. Da mesma forma, os objetivos específicos foram contemplados: esclarecer o conceito de cadeia alimentar, identificar os diferentes níveis tróficos e discutir as características das pirâmides ecológicas.

Constata-se, portanto, que o estudo desses conceitos transcende a mera explicação teórica, contribuindo para ampliar a compreensão acerca do equilíbrio da natureza e da importância da conservação dos ecossistemas. Ao compreender como os seres vivos se relacionam dentro de uma cadeia alimentar e como se organizam nas pirâmides ecológicas, torna-se mais evidente o quanto a vida no planeta depende dessas interações e da manutenção da biodiversidade.

6 REFERÊNCIAS

- BEGON, Michael. **Ecology: From Individuals to Ecosystems**. 4. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2020.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2020.
- BRONDIZIO, E. S. et al. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. IPBES, 2020.
- CARDINALE, Bradley J. *et al.* **Biodiversity loss and its impact on humanity**. Nature, v. 486, p. 59–67, 2020.
- CHAPIN, F. Stuart; MATSON, Pamela A.; VITOUSEK, Peter M. **Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology**. 3. ed. New York: Springer, 2022.
- DÍAZ, Sandra *et al.* **Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change**. Science, v. 366, n. 6471, p. 1327–1331, 2020.
- EHRlich, Paul R. **The Population Bomb**. New York: Ballantine Books, 1968.
- ESTES, James A.; STEIN, Robert. **Food web complexity and ecosystem stability**. Ecology Letters, v. 24, p. 112–120, 2021.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- GONZÁLEZ, Juan *et al.* **Dynamic trophic interactions in ecological pyramids**. Ecology, v. 105, n. 2, p. 345–359, 2024.
- IPBES. Global assessment on biodiversity and ecosystem services. Bonn: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019.
- JOLY, Carlos A. **Botânica: diversidade vegetal e ecossistemas**. São Paulo: Edusp, 2011.
- LEFF, Enrique. **Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza**. São Paulo: Cortez, 2009.
- LIMA, José Carlos. **Ecologia aplicada ao contexto brasileiro**. São Luís: EDUFMA, 2025.
- LOREAU, Michel. **From Populations to Ecosystems: Theoretical Foundations for a New Ecological Synthesis**. Princeton: Princeton University Press, 2020.
- LUBCHENCO, Jane. **Entering the Century of the Environment: A New Social Contract for Science**. Science, v. 279, n. 5350, p. 491–497, 1998.
- MARGALEF, Ramon. **Teoría de los sistemas ecológicos**. Barcelona: Omega, 1991.
- MAY, Robert M. **Stability and Complexity in Model Ecosystems**. Princeton: Princeton University Press, 1973.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2016.

- MORA, Camilo *et al.* **Consequences of species loss for ecosystem services.** Nature Ecology & Evolution, v. 7, p. 210–219, 2023.
- ODA, Ricardo. **Teias alimentares e resiliência ecológica.** Revista Brasileira de Ecologia, v. 28, n. 3, p. 45–60, 2023.
- ODUM, Eugene P. **Ecology.** New York: Holt, Rinehart and Winston, 1969.
- ODUM, Eugene P. **Fundamentals of Ecology.** 5. ed. Belmont: Brooks/Cole, 2017.
- ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia.** 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.
- PRIMACK, Richard B.; RODRIGUES, Efraim. **Fundamentos de conservação biológica.** Londrina: Planta, 2021.
- RIPPLE, W. J. et al. World scientists' warning of a climate emergency 2021. BioScience, v. 71, n. 9, p. 894–898, 2021.
- ROCKSTRÖM, J. et al. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2020.
- SCHWEITZER, Albert. **Civilization and Ethics.** London: A. & C. Black, 1923.
- STEIN, Robert. **Complex trophic networks and ecological resilience.** Ecology Letters, v. 24, p. 98–110, 2021.
- THOMPSON, John *et al.* **Climate change and trophic dynamics.** Global Ecology and Biogeography, v. 31, p. 456–470, 2022.
- TILMAN, David. **Biodiversity and Ecosystem Functioning.** Nature, v. 379, p. 718–720, 1996.