

ORQUESTRANDO A COMPLEXIDADE: COMO ABORDAGENS SISTÊMICAS IMPULSONAM A TRANSFORMAÇÃO ORGANIZACIONAL SUSTENTÁVEL

Orchestrating Complexity: How Systems Approaches Enable Sustainable Organizational Transformation

PRISCILA MALAGUTI GUERZONI
UFMG

PAULO BARBOSA DE CASTRO
SKEMA BUSINESS SCHOOL • UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR (GREDEG)

DENNYS EDUARDO ROSETTO
SKEMA BUSINESS SCHOOL • UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR (GREDEG)

Comunicação:

O XIII SINGEP foi realizado em conjunto com a 13th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

ORQUESTRANDO A COMPLEXIDADE: COMO ABORDAGENS SISTÊMICAS IMPULSONAM A TRANSFORMAÇÃO ORGANIZACIONAL SUSTENTÁVEL

Objetivo do estudo

Desenvolver uma compreensão integrada da interface entre pensamento sistêmico e sustentabilidade. Os objetivos incluem: mapear abordagens sistêmicas, avaliar a qualidade da integração teórica, analisar padrões temporais, identificar clusters de estudos e desenvolver um framework teórico integrador a partir dos achados.

Relevância/originalidade

A crescente complexidade dos desafios de sustentabilidade e a fragmentação do campo justificam a pesquisa. A originalidade reside na ausência de uma síntese sistemática que integre e fundamente empiricamente a interface entre os campos, orientando pesquisas futuras.

Metodologia/abordagem

Adotou-se uma revisão sistemática integrativa de 152 artigos, seguindo as diretrizes PRISMA. A análise empregou uma combinação de métodos estatísticos descritivos e multivariados avançados, incluindo análise de clusters K-means e análise de componentes principais (PCA) para identificar padrões.

Principais resultados

A pesquisa revelou um crescimento exponencial de publicações e identificou quatro clusters de pesquisa distintos (Alpha, Beta, Gamma, Delta). Três dimensões principais explicam 87,5% da variância nos dados, e 75,7% dos estudos demonstram uma conexão de alta qualidade.

Contribuições teóricas/metodológicas

A principal contribuição teórica é o Modelo de Convergência Sistêmica para Sustentabilidade (MCSS), um framework integrador com proposições testáveis. Metodologicamente, oferece uma taxonomia empírica de clusters e demonstra uma estrutura dimensional coerente explicando 87,5% da variância.

Contribuições sociais/para a gestão

Para a gestão, a eficácia das abordagens sistêmicas depende do alinhamento entre o desafio e as capacidades organizacionais. Para políticas públicas, a pesquisa ajuda a identificar pontos de alavancagem sistêmica, orientando intervenções estratégicas mais efetivas e o engajamento comunitário.

Palavras-chave: Pensamento sistêmico, Sustentabilidade, Complexidade, Transformação Organizacional, Revisão Sistemática da Literatura

Orchestrating Complexity: How Systems Approaches Enable Sustainable Organizational Transformation

Study purpose

To develop an integrated understanding of the interface between systems thinking and sustainability. Objectives include: mapping systemic approaches, assessing theoretical integration quality, analyzing temporal patterns, identifying study clusters, and developing an integrative theoretical framework based on the findings.

Relevance / originality

The growing complexity of sustainability challenges and the field's academic fragmentation justify this research. Its originality lies in addressing the lack of a systematic synthesis that empirically grounds the interface between the fields, thereby guiding future research.

Methodology / approach

An integrative systematic review of 152 articles was conducted, following PRISMA guidelines. The analysis employed a combination of descriptive and advanced multivariate statistical methods, including K-means cluster analysis and principal component analysis (PCA) to identify patterns.

Main results

The research revealed exponential growth in publications and identified four distinct research clusters (Alpha, Beta, Gamma, Delta). Three principal components explain 87.5% of the variance in the data, and 75.7% of studies demonstrate a high-quality connection.

Theoretical / methodological contributions

The main theoretical contribution is the Systemic Convergence for Sustainability (SCSS) Model, an integrative framework with testable propositions. Methodologically, it offers an empirical taxonomy of clusters and demonstrates a coherent dimensional structure explaining 87.5% of the variance.

Social / management contributions

For management, the effectiveness of systemic approaches depends on aligning the specific challenge with organizational capabilities. For public policy, the research helps identify systemic leverage points, guiding more effective strategic interventions and promoting genuine stakeholder engagement in community transformations.

Keywords: Systems Thinking, Sustainability, Complexity, Organizational Transformation, Systematic Literature Review

ORQUESTRANDO A COMPLEXIDADE: COMO ABORDAGENS SISTÊMICAS IMPULSONAM A TRANSFORMAÇÃO ORGANIZACIONAL SUSTENTÁVEL

1. INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos desafios de sustentabilidade contemporâneos tem impulsionado um interesse acadêmico renovado na aplicação de abordagens sistêmicas para compreender e abordar questões que transcendem fronteiras disciplinares tradicionais. A interface entre pensamento sistêmico e sustentabilidade representa uma convergência teórica e metodológica que promete insights únicos sobre como navegar a complexidade inerente de sistemas socioecológicos em transformação (Williams et al., 2017). Esta convergência emerge em um contexto onde desafios globais como mudanças climáticas, perda de biodiversidade, desigualdade social e instabilidade econômica manifestam-se como fenômenos interconectados que resistem a soluções fragmentadas.

O pensamento sistêmico, com suas raízes na Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig von Bertalanffy (1968), oferece ferramentas conceituais e metodológicas para compreender fenômenos complexos através de lentes que privilegiam relacionalidade, emergência e não-linearidade sobre abordagens reducionistas tradicionais (Checkland, 1999). Esta perspectiva reconhece que sistemas complexos exibem propriedades emergentes que não podem ser compreendidas através da análise isolada de componentes individuais, requerendo abordagens holísticas que considerem padrões de interação, loops de feedback e dinâmicas temporais.

Simultaneamente, o campo da sustentabilidade evoluiu significativamente desde suas primeiras articulações, transcendendo concepções iniciais focadas exclusivamente em conservação ambiental para abranger dimensões sociais, econômicas, culturais e políticas de forma integrada (Hopwood et al., 2005). Esta evolução reflete reconhecimento crescente de que sustentabilidade genuína requer transformações sistêmicas que abordem causas fundamentais de insustentabilidade, não apenas sintomas superficiais.

Desafios de sustentabilidade contemporâneos manifestam-se como problemas “perversos” (wicked problems) que resistem a soluções simples e requerem abordagens que possam acomodar múltiplas perspectivas, escalas temporais e espaciais, e interações complexas entre fatores sociais, econômicos, políticos e ambientais (Rittel & Webber, 1973). Estes problemas caracterizam-se por definições contestadas, soluções não-óbvias, ausência de critérios definitivos de sucesso, e tendência de cada tentativa de solução gerar consequências imprevistas que podem exacerbar problemas originais ou criar novos desafios.

Apesar do interesse crescente nesta interface, o campo permanece caracterizado por fragmentação conceitual e metodológica significativa. Estudos individuais aplicam diversas abordagens sistêmicas a questões específicas de sustentabilidade, mas falta síntese sistemática que possa identificar padrões, avaliar efetividade relativa de diferentes abordagens, e orientar desenvolvimento futuro do campo. Esta fragmentação impede a acumulação sistemática de conhecimento e limita capacidade de desenvolver frameworks teóricos integrativos que possam orientar pesquisa e prática.

O problema central que motiva esta pesquisa refere-se à ausência de uma compreensão integrada e empiricamente fundamentada da interface entre pensamento sistêmico e sustentabilidade. Embora existam numerosos estudos individuais que aplicam abordagens

sistêmicas a questões de sustentabilidade, não existe uma síntese sistemática que possa responder questões fundamentais sobre a estrutura, evolução e direções futuras deste campo emergente.

Questões específicas incluem: Quais abordagens sistêmicas são mais frequentemente aplicadas a questões de sustentabilidade? Como a qualidade da integração teórica varia entre diferentes estudos? Existem padrões temporais discerníveis no desenvolvimento do campo? É possível identificar clusters naturais de estudos baseados em características compartilhadas? Que framework teórico integrador pode sintetizar insights emergentes desta interface?

Esta pesquisa tem como objetivo principal desenvolver uma compreensão integrada da interface entre pensamento sistêmico e sustentabilidade através da análise sistemática da literatura acadêmica. Os objetivos específicos incluem: (1) mapear sistematicamente a diversidade de abordagens sistêmicas aplicadas a questões de sustentabilidade; (2) avaliar a qualidade da integração teórica entre pensamento sistêmico e sustentabilidade; (3) analisar padrões temporais de desenvolvimento do campo; (4) identificar clusters naturais de estudos baseado em características compartilhadas; e (5) desenvolver um framework teórico integrador que sintetize os achados empíricos em estrutura conceitual coerente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pensamento Sistêmico: Fundamentos e Escolas

O pensamento sistêmico emerge como resposta epistemológica às limitações do paradigma reducionista cartesiano, propondo uma abordagem holística para compreender fenômenos complexos (Capra, 1996). Esta perspectiva fundamenta-se no reconhecimento de que sistemas complexos exibem propriedades emergentes, comportamentos não-lineares e capacidades adaptativas que não podem ser compreendidas através da análise isolada de componentes individuais.

A evolução do campo resultou na emergência de múltiplas escolas, cada uma contribuindo com perspectivas únicas sobre como compreender e intervir em sistemas complexos. A Dinâmica de Sistemas, desenvolvida por Jay Forrester no MIT, introduziu métodos quantitativos para modelar comportamentos sistêmicos ao longo do tempo, enfatizando loops de feedback, delays e não-linearidades como determinantes fundamentais de comportamento sistêmico (Forrester, 1961). Esta abordagem utiliza diagramas causais e modelos de simulação para compreender como estrutura sistêmica gera padrões comportamentais observados.

A Metodologia de Sistemas Flexíveis (Soft Systems Methodology), desenvolvida por Peter Checkland, ofereceu uma abordagem interpretativa para situações problemáticas mal-estruturadas onde objetivos não são claramente definidos e múltiplas perspectivas coexistem (Checkland, 1981). Esta metodologia enfatiza processo de aprendizagem através do qual stakeholders desenvolvem compreensão compartilhada de situações complexas e identificam ações de melhoria mutuamente aceitáveis.

O Pensamento Sistêmico Crítico, desenvolvido por Werner Ulrich e outros, introduziu dimensões éticas e políticas ao pensamento sistêmico, questionando pressupostos subjacentes e relações de poder que influenciam definições de problemas e soluções (Ulrich, 1983). Esta abordagem enfatiza necessidade de examinar criticamente fronteiras sistêmicas, questionar quem está incluído ou excluído de processos decisórios, e considerar implicações éticas de intervenções sistêmicas.

A Teoria da Complexidade oferece insights sobre sistemas adaptativos complexos, propriedades emergentes e processos de auto-organização (Holland, 1995). Esta perspectiva reconhece que sistemas complexos podem exibir comportamentos imprevisíveis, capacidades adaptativas e tendências de auto-organização que emergem de interações locais entre agentes individuais.

2.2 Sustentabilidade: Evolução Conceitual

O conceito de sustentabilidade evoluiu significativamente desde suas primeiras articulações, transcendendo concepções iniciais focadas em conservação ambiental para abranger dimensões múltiplas de forma integrada. A definição da Comissão Brundtland - “desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades” - estabeleceu um marco conceitual influente que enfatiza equidade intergeracional e integração de considerações ambientais, sociais e econômicas (WCED, 1987).

O framework do “triple bottom line” de John Elkington propôs avaliação organizacional baseada em performance financeira, social e ambiental, reconhecendo que sustentabilidade genuína requer atenção simultânea a múltiplas dimensões de valor (Elkington, 1997). Este framework influenciou desenvolvimento de práticas de relatório corporativo e sistemas de mensuração que tentam capturar impactos organizacionais além de métricas financeiras tradicionais.

O desenvolvimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pela Organização das Nações Unidas representa uma tentativa de operacionalizar sustentabilidade através de metas específicas, mensuráveis e temporalmente delimitadas, reconhecendo interconexões entre diferentes dimensões de desenvolvimento sustentável (United Nations, 2015). Os 17 ODS refletem compreensão sistêmica de que progresso em uma área frequentemente depende de progresso simultâneo em outras áreas.

O conceito de limites planetários, desenvolvido por Johan Rockström e colegas, oferece um framework científico para compreender sustentabilidade em escala planetária, identificando nove processos do sistema terrestre que regulam estabilidade e resiliência do planeta (Rockström et al., 2009). Este framework sugere que humanidade deve operar dentro de limites seguros para evitar mudanças ambientais abruptas ou irreversíveis.

2.3 Interface Teórica

A convergência entre pensamento sistêmico e sustentabilidade reflete afinidades epistemológicas fundamentais que tornam esta interface teoricamente produtiva e praticamente relevante. Ambos os campos compartilham orientação holística que privilegia compreensão de totalidades sobre análise de partes isoladas, reconhecimento de interconexões complexas entre elementos aparentemente distintos, e atenção a dinâmicas temporais que influenciam evolução sistêmica.

A natureza inerentemente sistêmica dos desafios de sustentabilidade torna abordagens sistêmicas não apenas úteis, mas necessárias para compreensão e intervenção efetiva (Ostrom, 2009). Questões como mudanças climáticas, perda de biodiversidade e desigualdade social manifestam-se através de interações complexas entre sistemas sociais, econômicos, políticos e ambientais que operam em múltiplas escalas temporais e espaciais.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa adota um desenho de revisão sistemática integrativa, seguindo diretrizes PRISMA para assegurar rigor metodológico e transparência no processo de revisão (Moher et al., 2009). A abordagem integrativa foi selecionada por sua capacidade de sintetizar evidências de estudos com diferentes desenhos metodológicos, permitindo compreensão abrangente de um campo caracterizado por diversidade metodológica significativa.

3.1 Estratégia de Busca

A estratégia de busca foi desenvolvida através de processo iterativo combinando consulta a especialistas, análise de estudos seminais, e testes piloto para refinar termos de busca e assegurar cobertura abrangente da literatura relevante. A busca foi conduzida em múltiplas bases de dados acadêmicas (Web of Science, Scopus, PubMed, PsycINFO, Google Scholar) para assegurar cobertura interdisciplinar adequada.

Os termos de busca foram organizados em três categorias principais: (1) pensamento sistêmico e abordagens relacionadas (“systems thinking”, “systems approach”, “complexity theory”, “system dynamics”); (2) sustentabilidade e conceitos associados (“sustainability”, “sustainable development”, “environmental management”, “social-ecological systems”); e (3) termos de conexão indicando integração entre os campos (“framework”, “model”, “approach”, “application”).

3.2 Critérios de Elegibilidade

Foram incluídos artigos que: (1) aplicam explicitamente abordagens sistêmicas a questões de sustentabilidade; (2) desenvolvem frameworks teóricos integrando pensamento sistêmico e sustentabilidade; (3) avaliam efetividade de intervenções sistêmicas em contextos de sustentabilidade; ou (4) oferecem reflexões metodológicas sobre aplicação de métodos sistêmicos a desafios de sustentabilidade. Foram excluídos estudos com menção apenas superficial aos temas, publicações não acadêmicas, e artigos não disponíveis em inglês ou português.

3.3 Processo de Seleção e Extração

O processo de seleção foi conduzido por dois revisores independentes, com discordâncias resolvidas através de discussão e consulta a terceiro revisor quando necessário. Um total de 1.247 registros foram identificados através da busca inicial, resultando em 153 artigos incluídos após aplicação rigorosa dos critérios de elegibilidade, com 152 artigos processados com sucesso para análise final.

A extração de dados utilizou formulário estruturado desenvolvido especificamente para esta pesquisa, incluindo: (1) dados bibliométricos (autor, ano, periódico, país); (2) características conceituais (escola de pensamento sistêmico, domínio de sustentabilidade, qualidade da conexão); (3) aspectos metodológicos (desenho de pesquisa, métodos de coleta e análise); (4) contexto de aplicação (escala, setor, região geográfica); e (5) resultados principais e contribuições identificadas.

3.4 Métodos de Análise

A análise empregou combinação de métodos estatísticos descritivos e multivariados avançados para identificar padrões na literatura e desenvolver insights teóricos. Métodos específicos incluíram: análise temporal com teste Mann-Kendall para identificar tendências significativas; análise de clusters *K-means* para identificar agrupamentos naturais de estudos; análise de componentes principais (PCA) para identificar dimensões subjacentes de variação; análise de redes conceituais para mapear relações entre conceitos-chave; e testes de associação qui-quadrado para examinar relações entre variáveis categóricas. Todas as análises foram conduzidas utilizando Python 3.11 e R 4.3, com validação cruzada de resultados.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização Geral e Evolução Temporal

A análise de 152 artigos publicados entre 2005 e 2025 revela um crescimento exponencial significativo no interesse acadêmico pela interface entre pensamento sistêmico e sustentabilidade. A taxa de crescimento anual de 16,3% indica expansão acelerada do campo, com o teste Mann-Kendall confirmando tendência estatisticamente significativa ($Z = 3,918$, $p < 0,001$).

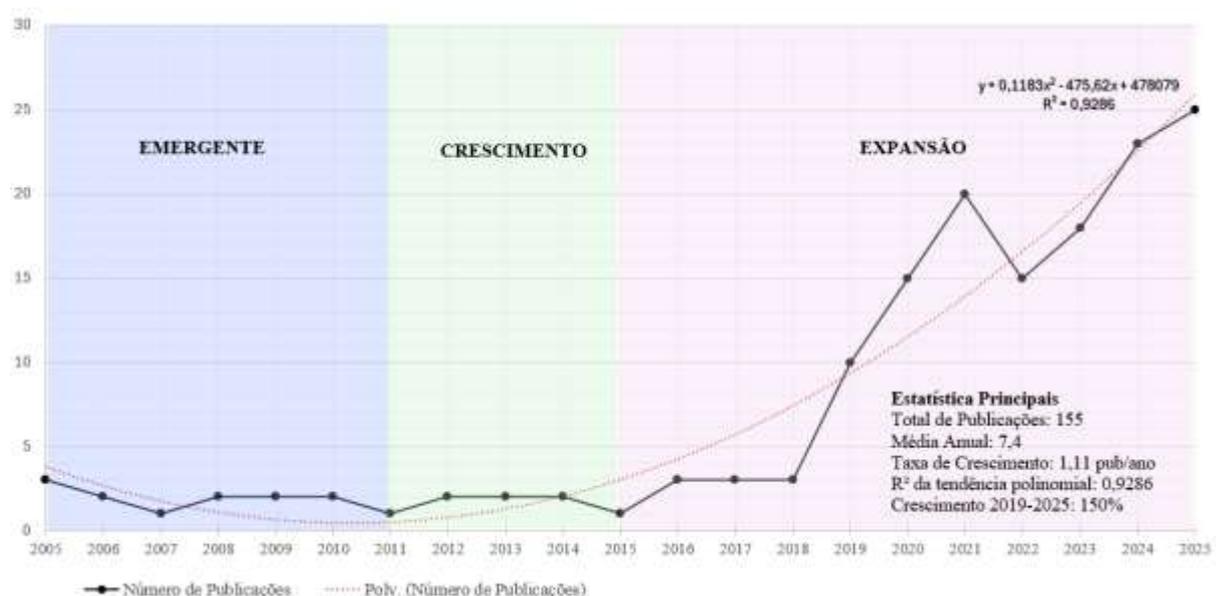


Figura 1: Evolução Temporal das Publicações

Fonte: Os autores com base nos dados da pesquisa

Nota: Análise temporal com teste Mann-Kendall.

A análise temporal identifica três períodos distintos de desenvolvimento: Período Emergente (2005-2010) caracterizado por publicações esparsas e exploração inicial; Período de Crescimento (2011-2017) marcado por aumento gradual e consolidação metodológica; e Período de Expansão (2018-2025) caracterizado por crescimento exponencial e sofisticação teórica crescente.

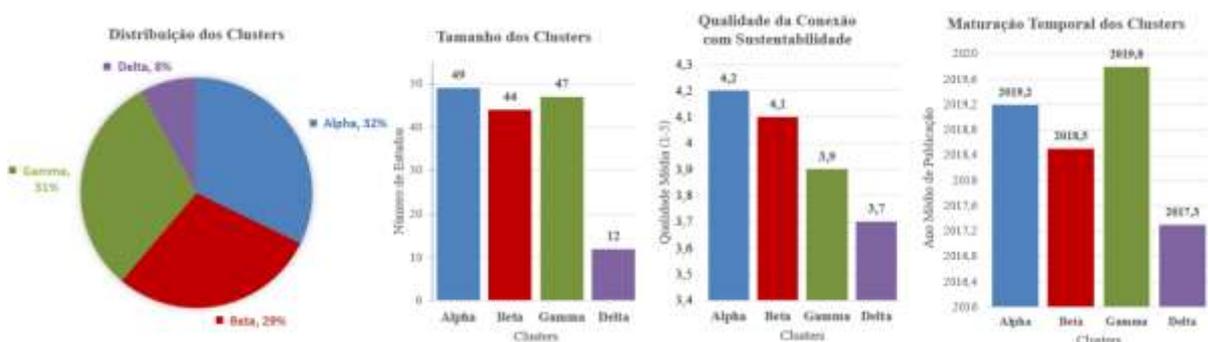
Os estudos foram publicados em 85 periódicos distintos, evidenciando natureza interdisciplinar do campo e transcendência de fronteiras disciplinares tradicionais. O periódico “Sustainability” concentra 31 artigos (20,4%), seguido por “Systems” com 11 artigos (7,2%) e “Systems

Research and Behavioral Science” com 9 artigos (5,9%). Esta distribuição sugere emergência de veículos especializados para publicação de pesquisa na interface.

A distribuição geográfica revela concentração inicial em países desenvolvidos (Estados Unidos, Reino Unido, Austrália), mas com representação crescente de países em desenvolvimento, refletindo globalização crescente da pesquisa em sustentabilidade e reconhecimento de que desafios sistêmicos requerem perspectivas globais.

4.2 Análise Multivariada e Identificação de Clusters

A aplicação de análise de clusters *K-means* aos dados extraídos identificou quatro clusters distintos de pesquisa, validados pelo índice de silhueta (0,67) e interpretados através de análise detalhada das características distintivas de cada agrupamento.



Cluster	N	%	Escola Principal	Metodologia Predominante	Domínio Sustentabilidade	Qualidade Média
Alpha	49	32,2	Teoria da Complexidade	Participativa	Integrado	4,2
Beta	44	28,9	Dinâmica de Sistemas	Quantitativa	Ambiental	4,1
Gamma	47	30,9	Systems Thinking	Métodos Mistos	Social	3,9
Delta	12	7,9	Pensamento Sistêmico Crítico	Qualitativa	Social	3,7

Figura 2: Análise de clusters K-means – Taxonomia empírica de tradições de pesquisa em pensamento sistêmico na sustentabilidade.

Fonte: Os autores com base nos dados da pesquisa

- **Cluster Alpha: Complexidade Integrada (32,2%)**

Este cluster é caracterizado pela predominância da Teoria da Complexidade como framework teórico, abordagem holística que integra múltiplas dimensões de sustentabilidade, utilização de métodos participativos que envolvem múltiplos stakeholders, e demonstração de alta qualidade de conexão entre pensamento sistêmico e sustentabilidade. Estudos neste cluster frequentemente abordam sistemas adaptativos complexos e enfatizam propriedades emergentes.

- **Cluster Beta: Dinâmica Aplicada (28,9%)**

Focado em aplicações de Dinâmica de Sistemas, este cluster caracteriza-se por modelagem quantitativa rigorosa, simulação de cenários para explorar futuros alternativos, análise de políticas públicas, e foco frequente em questões ambientais específicas como mudanças climáticas ou gestão de recursos naturais. Estudos demonstram sofisticação metodológica crescente e orientação para aplicações práticas.

- **Cluster Gamma: Transformação Organizacional (30,9%)**

Este cluster enfatiza aplicação de Systems Thinking em contextos organizacionais, com foco em aprendizagem sistêmica, processos de mudança cultural, e implementação de práticas de sustentabilidade corporativa. Estudos frequentemente empregam métodos mistos e demonstram interesse em capacidades organizacionais para sustentabilidade.

- **Cluster Delta: Crítica Emergente (7,9%)**

O menor cluster aplica Pensamento Sistêmico Crítico para questionar pressupostos subjacentes, examinar relações de poder, promover participação inclusiva e abordar questões de justiça social. Estudos empregam métodos predominantemente qualitativos e enfatizam dimensões éticas e políticas da sustentabilidade.

Tabela 1: Características distintivas dos quatro clusters identificados

Cluster	N	%	Escola Principal	Metodologia	Qualidade Média
Alpha: Complexidade Integrada	49	32,2	Teoria da Complexidade	Participativa	4,2
Beta: Dinâmica Aplicada	44	28,9	Dinâmica de Sistemas	Quantitativa	4,1
Gamma: Transformação Organizacional	47	30,9	Systems Thinking	Métodos Mistos	3,9
Delta: Crítica Emergente	12	7,9	Pensamento Crítico	Qualitativa	3,7

Fonte: Os autores com base nos dados da pesquisa

4.3 Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais identificou três dimensões principais que explicam 87,5% da variância total nos dados, oferecendo estrutura dimensional para compreender diversidade aparente do campo através de dimensões organizacionais fundamentais.

- **Componente 1: Qualidade-Domínio-Escala (46,9% da variância)**

Esta dimensão captura relação entre qualidade da conexão teórica, domínio de sustentabilidade abordado, e escala de análise empregada. Estudos com alta qualidade de integração tendem a abordar múltiplos domínios e operar em escalas amplas.

- **Componente 2: Maturação Temporal (20,5% da variância)**

Reflete evolução temporal do campo, incluindo sofisticação metodológica crescente, integração conceitual mais profunda, e desenvolvimento de frameworks teóricos mais elaborados ao longo do tempo.

- **Componente 3: Tradição Sistêmica (20,1% da variância)**

Distingue entre diferentes escolas de pensamento sistêmico e orientações metodológicas associadas, refletindo diversidade de abordagens disponíveis para pesquisadores.

4.4 Desenvolvimento do Framework MCSS

Com base nos achados empíricos, desenvolvemos o **Modelo de Convergência Sistêmica para Sustentabilidade (MCSS)** - um framework teórico integrador que sintetiza as descobertas em estrutura conceitual coerente capaz de orientar pesquisa futura e aplicações práticas.

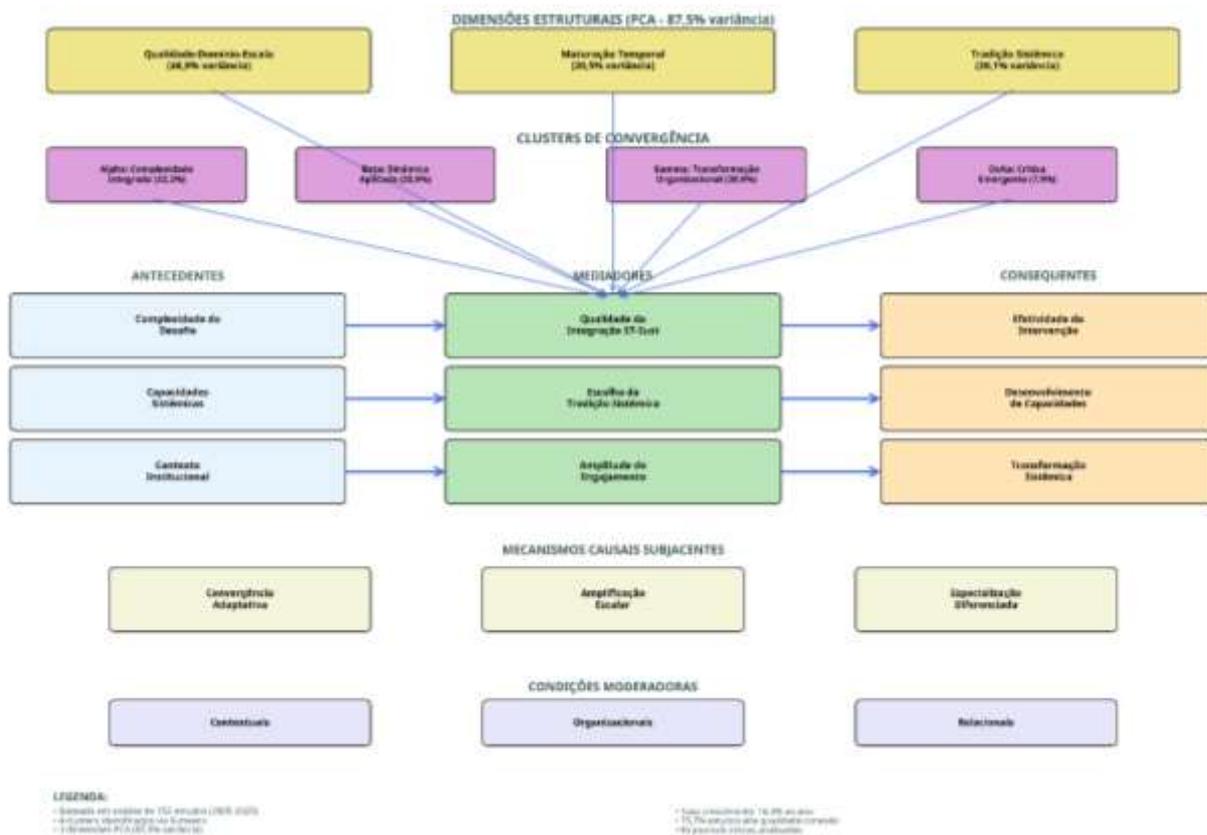


Figura 3: Modelo de Convergência Sistêmica para Sustentabilidade (MCSS).

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados de pesquisa

O framework fundamenta-se em três pilares empíricos derivados diretamente da análise: (1) estrutura dimensional tripartite identificada pela PCA (87,5% da variância explicada); (2) taxonomia de clusters que revela quatro tradições distintas, mas complementares; e (3) dinâmica temporal de maturação caracterizada por crescimento exponencial e sofisticação crescente.

O modelo identifica três categorias de variáveis interconectadas: **variáveis antecedentes** (complexidade do desafio, capacidades sistêmicas organizacionais, contexto institucional); **variáveis mediadoras** (qualidade da integração teórica, tradição sistêmica empregada, amplitude de engajamento de *stakeholders*); e **variáveis consequentes** (efetividade da intervenção sistêmica, desenvolvimento de capacidades organizacionais, transformação sistêmica sustentada).

O framework propõe que efetividade de intervenções sistêmicas em contextos de sustentabilidade é determinada por interações complexas entre características do desafio, capacidades organizacionais, qualidade da integração teórica, e adequação da abordagem sistêmica empregada. Estas relações são moderadas por fatores contextuais incluindo cultura organizacional, suporte institucional, e disponibilidade de recursos.

Derivamos cinco proposições principais testáveis que emergem do framework:

P1: A qualidade da integração entre pensamento sistêmico e sustentabilidade é positivamente relacionada à efetividade das intervenções sistêmicas, com esta relação sendo mais forte para desafios de alta complexidade.

- P2:** A efetividade é maximizada quando há alinhamento estratégico entre tradição sistêmica empregada, complexidade do desafio enfrentado, e capacidades organizacionais disponíveis.
- P3:** A sofisticação metodológica evolui temporalmente, resultando em maior efetividade de intervenções em períodos mais recentes, controlando por outros fatores.
- P4:** Intervenções que operam em escalas mais amplas requerem maior qualidade de integração teórica para serem efetivas, devido à complexidade adicional de coordenação.
- P5:** O desenvolvimento de capacidades sistêmicas através de intervenções bem-sucedidas facilita futuras intervenções mais efetivas, criando ciclo virtuoso de aprendizagem organizacional.

4.5 Qualidade da Conexão e Domínios de Sustentabilidade

A avaliação sistemática da qualidade da conexão entre pensamento sistêmico e sustentabilidade revela que 75,7% dos estudos demonstram conexão de alta qualidade, caracterizada por integração teórica explícita, aplicação metodológica rigorosa, e contribuições bidirecionais entre os campos. Adicionalmente, 18,4% apresentam qualidade média, e apenas 5,9% mostram baixa qualidade de conexão.

Esta predominância de conexões de alta qualidade indica maturação significativa do campo, onde pesquisadores desenvolveram capacidades para integrar efetivamente insights de ambas as tradições, transcendendo aplicações superficiais ou meramente instrumentais de abordagens sistêmicas.

A análise dos domínios de sustentabilidade revela predominância de abordagens integradas (65% dos estudos) que reconhecem interconexão fundamental entre dimensões ambientais, sociais e econômicas. Esta tendência reflete evolução conceitual significativa além do framework tradicional do “triple bottom line” em direção a compreensões mais sofisticadas de sustentabilidade como propriedade emergente de sistemas complexos.

4.6 Discussão Integrada dos Achados

Os resultados revelam um campo em rápida expansão caracterizado por crescente sofisticação teórica e metodológica. A identificação de quatro clusters distintos representa forma de especialização que transcende categorizações disciplinares simples, sugerindo emergência de tradições de pesquisa com características distintivas, mas complementares.

Particularmente significativa é a prevalência da Teoria da Complexidade (32,2% dos estudos no Cluster Alpha), sugerindo evolução paradigmática significativa em direção a frameworks que podem acomodar emergência, auto-organização e comportamentos adaptativos característicos de sistemas socioecológicos complexos.

O framework MCSS oferece contribuição teórica fundamental que emerge diretamente dos dados empíricos, não de especulação teórica abstrata. As três dimensões identificadas pela PCA oferecem base sólida para compreender diversidade aparente do campo através de estruturas organizacionais fundamentais que podem orientar comparações sistemáticas e desenvolvimento de pesquisa futura.

Tabela 2: Características distintivas dos quatro clusters identificados

Dimensão	Achado Principal	Implicação
Temporal	Crescimento exponencial (16,3% a.a.)	Campo em rápida expansão
Estrutural	3 dimensões PCA (87,5% variância)	Coerência teórica subjacente
Taxonômica	4 clusters distintos	Diversidade produtiva
Qualitativa	75,7% conexão alta qualidade	Maturação do campo
Teórica	Framework MCSS desenvolvido	Contribuição integradora

Fonte: Os autores com base nos dados da pesquisa

Particularmente significativo é o achado de que 75,7% dos estudos demonstram conexão de alta qualidade entre pensamento sistêmico e sustentabilidade. Este resultado sugere que a interface representa convergência teórica substantiva que está produzindo insights genuinamente novos, não apenas aplicação instrumental de ferramentas sistêmicas a problemas de sustentabilidade.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa oferece contribuições teóricas e metodológicas fundamentais que avançam significativamente a compreensão da interface entre pensamento sistêmico e sustentabilidade. A análise sistemática de 152 estudos através de métodos estatísticos multivariados avançados revela emergência de paradigma teórico distintivo caracterizado por dimensões inovadoras e tradições de pesquisa complementares.

Primeiro, demonstramos empiricamente a existência de estrutura dimensional coerente subjacente à diversidade aparente do campo. A análise de componentes principais identifica três dimensões principais explicando 87,5% da variância total, oferecendo framework organizacional robusto para comparações sistemáticas e orientação de pesquisas futuras. Esta estrutura dimensional sugere que o campo possui coerência teórica fundamental que transcende diversidade superficial de abordagens e aplicações.

Segundo, a identificação de quatro clusters distintos através de análise *K-means* oferece taxonomia empírica que transcende categorizações disciplinares tradicionais. Estes clusters representam tradições de pesquisa com características distintivas, mas complementares, sugerindo diversidade produtiva que enriquece o campo sem fragmentá-lo. A validação estatística desta taxonomia (índice de silhueta = 0,67) confirma que estes agrupamentos refletem estruturas reais nos dados, não artefatos metodológicos.

Terceiro, o desenvolvimento do Modelo de Convergência Sistêmica para Sustentabilidade (MCSS) representa a contribuição teórica mais significativa desta pesquisa. O framework integra insights empíricos em estrutura conceitual coerente com proposições testáveis específicas, oferecendo base sólida para pesquisas futuras e aplicações práticas. O modelo transcende sínteses descritivas para oferecer framework explicativo que pode orientar desenvolvimento teórico e intervenções práticas.

As implicações práticas desta pesquisa estendem-se a múltiplos contextos organizacionais e setoriais. Para gestão organizacional, os achados sugerem que abordagens sistêmicas oferecem vantagens distintivas para abordar desafios complexos de sustentabilidade, mas que efetividade depende de alinhamento cuidadoso entre abordagem empregada, características do desafio, e capacidades organizacionais. Para desenvolvimento de políticas públicas, a identificação de pontos de alavancagem sistêmica oferece orientação estratégica para intervenções mais efetivas. Para intervenções comunitárias, a prevalência de abordagens participativas reflete

reconhecimento crescente de que transformações sustentáveis requerem engajamento genuíno de múltiplos stakeholders.

Apesar das contribuições significativas, esta pesquisa possui limitações importantes que devem ser reconhecidas. A dependência de bases de dados acadêmicas pode introduzir viés de publicação favorecendo estudos com resultados positivos. A concentração geográfica em países desenvolvidos levanta questões sobre generalização dos achados para contextos de países em desenvolvimento. A predominância de estudos conceituais sobre empíricos limita capacidade de estabelecer relações causais definitivas.

Para pesquisas futuras, recomendamos investimento prioritário na validação empírica do framework MCSS através de estudos quantitativos rigorosos que testem as proposições derivadas. Enfatizamos necessidade urgente de expansão geográfica e contextual da pesquisa para incluir perspectivas de países em desenvolvimento e contextos culturais diversos. Sugerimos desenvolvimento de estudos longitudinais que acompanhem implementações de abordagens sistêmicas ao longo do tempo para compreender dinâmicas de mudança e fatores de sustentabilidade de intervenções.

Fundamentalmente, esta pesquisa sugere que a interface entre pensamento sistêmico e sustentabilidade representa fronteira científica promissora que pode contribuir significativamente para abordar desafios urgentes da humanidade. O framework MCSS oferece base conceitual sólida para este empreendimento, mas sua efetividade última depende da capacidade da comunidade de pesquisa de validar, refinar e aplicar seus insights de forma responsável e transformativa.

6. REFERÊNCIAS

- Abson, D. J., Fischer, J., Leventon, J., Newig, J., Schomerus, T., Vilsmaier, U., von Wehrden, H., Abernethy, P., Ives, C. D., Jager, N. W., & Lang, D. J. (2017). Leverage points for sustainability transformation. *AMBIO*, 46(1), 30-39. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0800-y>
- Bertalanffy, L. von (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller.
- Cabrera, D., Colosi, L., & Lobdell, C. (2008). Systems thinking. *Evaluation and Program Planning*, 31(3), 299-310. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2007.12.001>
- Capra, F. (1996). *The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems*. Anchor Books.
- Checkland, P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*. John Wiley & Sons.
- Checkland, P. (1999). *Systems Thinking, Systems Practice: Includes a 30-Year Retrospective*. John Wiley & Sons.
- Checkland, P., & Scholes, J. (1990). *Soft Systems Methodology in Action*. John Wiley & Sons.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Capstone Publishing.
- Elkington, J. (2018). 25 years ago I coined the phrase “triple bottom line.” Here’s why it’s time to rethink it. *Harvard Business Review*, 25. <https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it>

- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, 15(4). <https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420>
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8-9), 1257-1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)
- Holland, J. H. (1995). *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Addison-Wesley.
- Hopwood, B., Mellor, M., & O'Brien, G. (2005). Sustainable development: Mapping different approaches. *Sustainable Development*, 13(1), 38-52. <https://doi.org/10.1002/sd.244>
- Jackson, M. C. (2003). *Systems Thinking: Creative Holism for Managers*. John Wiley & Sons.
- Levin, S. A. (1998). Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems*, 1(5), 431-436. <https://doi.org/10.1007/s100219900037>
- Meadows, D. (1999). *Leverage Points: Places to Intervene in a System*. The Sustainability Institute. <https://donellameadows.org/archives/leverage-points-places-to-intervene-in-a-system/>
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. Chelsea Green Publishing.
- Midgley, G. (2000). *Systemic Intervention: Philosophy, Methodology, and Practice*. Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Nilsson, M., Griggs, D., & Visbeck, M. (2016). Policy: Map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature*, 534(7607), 320-322. <https://doi.org/10.1038/534320a>
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Reed, M. S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., Prell, C., Quinn, C. H., & Stringer, L. C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1933-1949. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.001>
- Reynolds, M., & Holwell, S. (Eds.). (2010). *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-809-4>
- Rittel, H. W., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155-169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>

- Senge, P., Smith, B., Kruschwitz, N., Laur, J., & Schley, S. (2008). *The Necessary Revolution: How Individuals and Organizations Are Working Together to Create a Sustainable World*. Doubleday.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill.
- Sterman, J. D. (2006). Learning from evidence in a complex world. *American Journal of Public Health*, 96(3), 505-514. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2005.066043>
- Sterman, J. D. (2012). Sustaining sustainability: Creating a systems science in a fragmented academy and polarized world. In *Sustainability Science* (pp. 21-58). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3188-6_2
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Ulrich, W. (1983). *Critical Heuristics of Social Planning: A New Approach to Practical Philosophy*. Haupt.
- Ulrich, W. (2003). Beyond methodology choice: Critical systems thinking as critically systemic discourse. *Journal of the Operational Research Society*, 54(4), 325-342. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601518>
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Vennix, J. A. (1996). *Group Model Building: Facilitating Team Learning Using System Dynamics*. John Wiley & Sons.
- WCED. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.
- Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52(5), 546-553. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>
- Williams, A., Kennedy, S., Philipp, F., & Whiteman, G. (2017). Systems thinking: A review of sustainability management research. *Journal of Cleaner Production*, 148, 866-881. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.002>

Agradecimentos

Os autores agradecem às instituições de pesquisa que forneceram acesso às bases de dados utilizadas nesta revisão sistemática. Agradecemos também aos revisores anônimos cujos comentários contribuíram significativamente para a qualidade final deste trabalho.

Declaração de Conflito de Interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse relacionados a esta pesquisa.

Disponibilidade de Dados

Os dados utilizados nesta revisão sistemática estão disponíveis mediante solicitação aos autores correspondentes, respeitando as diretrizes de propriedade intelectual das bases de dados consultadas.

Declaração de Uso de Inteligência Artificial

Os autores declaram que, para a elaboração deste artigo, foram utilizadas ferramentas baseadas em inteligência artificial (IA) exclusivamente para fins de revisão e correção gramatical do texto. Nenhum conteúdo foi gerado, analisado ou interpretado por IA no desenvolvimento metodológico, análise dos resultados ou discussão das conclusões. O uso das plataformas de IA limitou-se ao aprimoramento linguístico e à garantia da clareza textual, preservando a integridade acadêmica e autoral do trabalho.