# INTERVENÇÃO DE ORIENTAÇÃO TRANSDISCIPLINAR PARA DECISÕES LOGÍSTICAS SUSTENTÁVEIS NO ENSINO SUPERIOR: UM RELATO TÉCNICO EM PROJETO INTEGRADOR

*TRANSDISCIPLINARY-ORIENTED INTERVENTION FOR SUSTAINABLE LOGISTICS DECISIONS IN HIGHER EDUCATION: A TECHNICAL REPORT IN AN INTEGRATIVE PROJECT*

**NATALIA VARELA DA ROCHA KLOECKNER**
INSTITUTO DE TECNOLOGIA E LIDERANÇA - INTELI

**THIAGO COSTA HOLANDA**
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ (IFCE)

**Comunicação:**
O XIV SINGEP foi realizado em conjunto com a 14th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com a SPARK (Society for Promoting Academic Research and Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

# INTERVENÇÃO DE ORIENTAÇÃO TRANSDISCIPLINAR PARA DECISÕES LOGÍSTICAS SUSTENTÁVEIS NO ENSINO SUPERIOR: UM RELATO TÉCNICO EM PROJETO INTEGRADOR

**Objetivo do estudo**
Apresentar e analisar uma intervenção educacional de orientação transdisciplinar, desenvolvida no âmbito de um Projeto Integrador interdisciplinar com estudantes de Comércio Exterior, para apoiar a análise integrada de decisões logísticas sustentáveis considerando dimensões operacionais, econômicas, ambientais, sociais e relacionadas aos stakeholders.

**Relevância/originalidade**
O contexto mostrou-se pertinente porque o Projeto Integrador pressupunha a articulação interdisciplinar dos conhecimentos do curso, permitindo que a intervenção analisada acrescentasse uma exigência específica: ultrapassar a mera aproximação entre conteúdos disciplinares e orientar a resolução de um problema logístico complexo.

**Metodologia/abordagem**
Este relato técnico, de abordagem qualitativa e natureza aplicada, foi desenvolvido a partir de uma intervenção educacional realizada em um contexto real de ensino superior. A análise foi estruturada a partir de quatro categorias previamente derivadas do referencial teórico.

**Principais resultados**
A principal mudança observada ao longo da intervenção ocorreu na estrutura da argumentação decisória dos estudantes, que passou de uma análise inicialmente concentrada em critérios econômicos e operacionais para uma consideração mais articulada de dimensões ambientais, sociais, sistêmicas e relacionadas aos stakeholders.

**Contribuições teóricas/metodológicas**
O estudo contribui para distinguir a interdisciplinaridade da orientação transdisciplinar e evidencia que a integração de conhecimentos resulta na inclusão de múltiplos critérios, bem como na articulação entre interdependências, trade-offs, consequências e perspectivas de stakeholders diante de problemas complexos.

**Contribuições sociais/para a gestão**
O estudo contribui para a formação de profissionais capazes de analisar decisões logísticas considerando objetivos econômicos, operacionais, ambientais e sociais, além de oferecer um percurso aplicável à gestão para explicitar consequências, stakeholders e trade-offs antes da definição de alternativas.

**Palavras-chave:** Transdisciplinaridade, Logística sustentável, Ensino superior, Projeto Integrador, Tomada de decisão

# *TRANSDISCIPLINARY-ORIENTED INTERVENTION FOR SUSTAINABLE LOGISTICS DECISIONS IN HIGHER EDUCATION: A TECHNICAL REPORT IN AN INTEGRATIVE PROJECT*

**Study purpose**
To present and analyze a transdisciplinary educational intervention—developed within the scope of an interdisciplinary Integrative Project with Foreign Trade students—aimed at supporting the integrated analysis of sustainable logistics decisions by considering operational, economic, environmental, social, and stakeholder-related dimensions.

**Relevance / originality**
This context proved pertinent because the Integrative Project presupposed the interdisciplinary integration of course knowledge, allowing the analyzed intervention to introduce a specific requirement: going beyond merely bridging disciplinary content to guide the resolution of a complex logistical problem.

**Methodology / approach**
This technical report, characterized by a qualitative approach and an applied nature, was developed based on an educational intervention conducted in a real-world higher education setting. The analysis was structured around four categories previously derived from the theoretical framework.

**Main results**
The main change observed throughout the intervention was in the structure of students' decision-making arguments, shifting from an initial focus on economic and operational criteria to a more articulated consideration of environmental, social, systemic, and stakeholder-related dimensions.

**Theoretical / methodological contributions**
The study contributes to distinguishing interdisciplinarity from the transdisciplinary approach and highlights that the integration of knowledge results in the inclusion of multiple criteria, as well as the articulation of interdependencies, trade-offs, consequences, and stakeholder perspectives regarding complex problems.

**Social / management contributions**
The study contributes to training professionals capable of analyzing logistics decisions while considering economic, operational, environmental, and social objectives; it also offers a management-oriented approach to identifying consequences, stakeholders, and trade-offs before defining alternatives.

**Keywords:** Transdisciplinarity, Sustainable logistics, Higher education, Integrative Project, Decision-making

# INTERVENÇÃO DE ORIENTAÇÃO TRANSDISCIPLINAR PARA DECISÕES LOGÍSTICAS SUSTENTÁVEIS NO ENSINO SUPERIOR: UM RELATO TÉCNICO EM PROJETO INTEGRADOR

## 1 Introdução

As decisões em operações logísticas envolvem objetivos que não podem ser avaliados isoladamente. Os custos, os prazos, os níveis de serviço, a utilização de recursos, as emissões, as condições de trabalho, os impactos sobre comunidades e as relações com diferentes *stakeholders* podem apontar para alternativas distintas e, em alguns casos, conflitantes (Salinas-Navarro et al., 2024a; Salinas-Navarro et al., 2024b). Esse cenário torna a sustentabilidade um problema de decisão e não apenas de conformidade ou de incorporação de critérios ambientais.

Essa complexidade repercute sobre a formação superior. A incorporação da sustentabilidade ao currículo não garante, por si só, que o estudante seja capaz de mobilizar conhecimentos distintos diante de uma situação concreta. Segundo Leal Filho et al. (2025), o ensino de sustentabilidade vem avançando para formatos que combinam projetos práticos, simulações e aprendizagem colaborativa, justamente porque a compreensão de problemas complexos requer mais do que exposição conceitual. Os autores ressaltam que essas práticas podem contribuir para o desenvolvimento de conhecimentos e competências necessários à interpretação e à resolução ampla de desafios relacionados à sustentabilidade.

Esse movimento também aparece na educação da área de negócios. Beamond et al. (2026), em revisão sistemática de 192 estudos sobre sustentabilidade na educação empresarial, identificaram a necessidade de abordagens mais globais, métodos pedagógicos interdisciplinares, maior participação de *stakeholders* bem como de integração entre currículo e práticas institucionais. O estudo indica que preparar futuros profissionais para atuar sobre problemas de sustentabilidade exige mudanças que ultrapassam a inserção pontual de conteúdos ambientais em disciplinas já existentes.

A transdisciplinaridade oferece uma possibilidade para essa integração porque se orienta à compreensão de problemas que ultrapassam as fronteiras de uma única disciplina e requerem a articulação de diferentes conhecimentos, perspectivas e atores. Sobre a educação superior e a sustentabilidade, Annelin et al. (2024) observam que a combinação entre conhecimento científico e conhecimento oriundo da prática cria espaços de aprendizagem transdisciplinar capazes de aproximar os estudantes de diferentes perspectivas de *stakeholders* e de desafios reais de sustentabilidade. Eles destacam que esse tipo de aprendizagem demanda formas mais colaborativas e cocriadas de ensino, nas quais a sustentabilidade não aparece apenas como conteúdo adicional, mas como perspectiva integradora da formação.

Essa interpretação é coerente com os resultados da revisão sobre transdisciplinaridade no ensino superior (Kloeckner, 2025), que verificou que as pesquisas recentes têm se concentrado na aproximação entre a transdisciplinaridade, a sustentabilidade, os problemas complexos, o desenvolvimento de competências e a colaboração entre universidades e atores externos. Também foram identificadas oportunidades para ampliar investigações sobre aplicações transdisciplinares em cursos de gestão e sobre metodologias capazes de conectar sustentabilidade, problemas reais e aprendizagem baseada em projetos.

Estudos como o de Torres-Sánchez et al. (2024) reforçam este direcionamento. Ao desenvolverem e aplicarem um *framework* educacional orientado ao empreendedorismo sustentável, associaram a transdisciplinaridade e a aprendizagem ativa à resolução de problemas contemporâneos. O estudo mostrou a utilização integrada de diferentes áreas do conhecimento em um projeto envolvendo academia, sociedade e indústria e destacou a importância de preparar os alunos para identificar, analisar e compreender os problemas complexos antes da construção de soluções. Essa perspectiva é particularmente relevante

porque desloca o foco da simples exposição a conteúdos de sustentabilidade para a capacidade de integrá-los na resolução de problemas.

No campo das operações e da cadeia de suprimentos, essa questão adquire contornos próprios. Uma decisão logística raramente produz efeitos sobre apenas um indicador. A alteração de uma rota, de um modal de transporte, de uma política de estoques ou de uma configuração de distribuição, por exemplo, pode modificar simultaneamente custos, nível de serviço, utilização de ativos, consumo de recursos bem como gerar impactos socioambientais. Consequentemente, formar profissionais capazes de atuar em logística sustentável exige criar oportunidades para que os estudantes reconheçam essas interdependências e fundamentem as decisões diante de critérios que nem sempre convergem.

A literatura educacional aplicada à cadeia de suprimentos também tem avançado nessa direção. Salinas-Navarro et al. (2024b), ao integrarem conceitos de cadeias circulares a uma experiência de aprendizagem no ensino superior, enfatizam o uso de problemas aplicados e aprendizagem experiencial para aproximar os estudantes dos desafios da sustentabilidade nas operações. Para isso, reforçam a pertinência de situações educacionais nas quais conceitos técnicos sejam articulados com análise, tomada de decisão e resolução de problemas relacionados à sustentabilidade.

Diante desse contexto, a situação-problema considerada neste relato relaciona-se ao desafio de conduzir os estudantes de uma análise predominantemente segmentada dos critérios logísticos para uma análise capaz de articular as diferentes consequências da decisão. Uma análise restrita ao menor custo, à maior produtividade, ao menor prazo ou mesmo à menor emissão pode conduzir a soluções parcialmente adequadas quando não são examinadas as consequências dessas escolhas sobre outras dimensões da operação e sobre os diferentes atores afetados. Logo, para enfrentar essa situação, foi desenvolvida uma intervenção educacional de orientação transdisciplinar, aplicada no primeiro semestre de 2026 em uma turma do quarto semestre do curso de graduação em Comércio Exterior, no âmbito de um Projeto Integrador de natureza interdisciplinar. A intervenção foi concebida para expor os alunos a uma situação decisória na qual as dimensões operacionais, econômicas, ambientais e sociais precisassem ser examinadas de forma articulada, incluindo a identificação dos *stakeholders* envolvidos e dos possíveis *trade-offs* entre as alternativas consideradas. O interesse do relato, portanto, está em compreender como a transdisciplinaridade pode ser operacionalizada diante de um problema específico de formação relacionado à tomada de decisão em logística sustentável.

A partir dessa problemática, este relato é orientado a responder a seguinte questão: *Como uma intervenção educacional de orientação transdisciplinar, desenvolvida no âmbito de um Projeto Integrador interdisciplinar, pode apoiar os estudantes de Comércio Exterior na análise integrada de decisões logísticas sustentáveis*?

O objetivo é apresentar e analisar uma intervenção educacional de orientação transdisciplinar, desenvolvida no âmbito de um Projeto Integrador interdisciplinar com estudantes de Comércio Exterior, para apoiar a análise integrada de decisões logísticas sustentáveis considerando dimensões operacionais, econômicas, ambientais, sociais e relacionadas aos *stakeholders*.

A escolha desse contexto mostrou-se pertinente porque o Projeto Integrador já pressupunha a articulação interdisciplinar de conhecimentos do curso, permitindo que a intervenção analisada acrescentasse uma exigência específica: ultrapassar a aproximação entre conteúdos disciplinares para orientar a resolução de um problema logístico complexo a partir da integração de diferentes dimensões da sustentabilidade e das perspectivas dos atores envolvidos.

Diante disso, pretende-se produzir uma contribuição aplicada: no âmbito educacional, dado que relato busca sistematizar uma forma de transformar a transdisciplinaridade de uma orientação conceitual em uma prática de ensino direcionada a um problema específico; e, no

âmbito da gestão de operações, buscando aproximar da formação dos alunos as características das decisões logísticas contemporâneas, nas quais o desempenho operacional e a sustentabilidade precisam ser examinados conjuntamente. A experiência poderá, assim, fornecer elementos para docentes e instituições interessados em desenvolver intervenções semelhantes em disciplinas, projetos ou atividades relacionadas à logística e à gestão de operações.

Além desta introdução, o presente relato está organizado em quatro seções. A segunda apresenta o referencial teórico que sustenta fundamentação para a intervenção, articulando a transdisciplinaridade no ensino superior, as competências para sustentabilidade e a complexidade das decisões logísticas sustentáveis. A terceira seção descreve a metodologia e os procedimentos empregados na intervenção. A quarta, por sua vez, apresenta e discute a situação-problema, os mecanismos adotados e os resultados observados. Por fim, a quinta seção reúne as considerações finais, as contribuições, as limitações e as possibilidades de aplicação da experiência em contextos semelhantes.

## 2 Transdisciplinaridade, formação de competências, complexidade e trade-offs nas decisões logísticas sustentáveis

A transdisciplinaridade parte do reconhecimento de que determinados problemas não podem ser adequadamente compreendidos a partir dos limites de uma única disciplina. No ensino superior, sua aplicação implica em criar condições para que diferentes conhecimentos sejam mobilizados de forma integrada diante de situações complexas, superando a simples justaposição de conteúdos disciplinares. O estudo de Kloeckner (2025) mostra uma evolução desse entendimento: de uma abordagem inicialmente concentrada na integração entre disciplinas, a transdisciplinaridade passou a incorporar também colaboração, reflexividade, interação entre atores acadêmicos e não acadêmicos bem como a resolução de problemas do mundo real.

Essa distinção é relevante pois reunir conteúdos de logística, economia, meio ambiente e aspectos sociais em uma mesma atividade não é suficiente para caracterizá-la como transdisciplinar. O elemento central está na necessidade de que esses conhecimentos sejam mobilizados conjuntamente para compreender e responder a um problema cuja solução não possa ser adequadamente produzida por apenas uma dessas perspectivas. O trabalho transdisciplinar, portanto, pressupõe integração durante o próprio processo de problematização, análise e construção das respostas.

Estudos como o de Torres-Sánchez et al. (2024), mantêm essa orientação. Ao proporem e aplicarem um *framework* educacional voltado ao empreendedorismo sustentável, associaram o pensamento transdisciplinar à capacidade de identificar, analisar e compreender problemas contemporâneos antes da formulação de soluções. Essa intervenção desenvolvida integrou conhecimentos de diferentes áreas e atores em torno de um problema concreto de sustentabilidade, evidenciando que a transdisciplinaridade pode ser operacionalizada por meio de processos ativos e colaborativos de aprendizagem.

Annelin et al. (2024), a partir de entrevistas e diálogos com docentes de diferentes áreas e países, também identificaram a colaboração entre disciplinas, bem como a aproximação com a prática e a participação de diferentes *stakeholders* como elementos importantes para a transformação da educação para a sustentabilidade. Entre as perspectivas apontadas está justamente a construção de experiências educacionais centradas no aluno, sendo transdisciplinares e conectadas a situações do mundo real.

Nesse âmbito, a conexão com problemas reais merece destaque porque introduz a incerteza, a multiplicidade de perspectivas bem como a necessidade de negociação entre alternativas. Bohm et al. (2024), ao acompanharem estudantes de mestrado em um curso transdisciplinar sobre sustentabilidade urbana, por exemplo, identificaram diferentes formas de

incerteza durante a resolução de desafios reais, incluindo imprevisibilidade, incompletude do conhecimento e multiplicidade de referenciais de interpretação. Com isso evidenciou que as situações transdisciplinares não exigem dos alunos apenas aplicação de conhecimento já adquirido, mas capacidade de reconhecer limitações das informações disponíveis e reorganizar o próprio processo de análise diante da complexidade.

Já em Kloeckner (2025), entre as tendências identificadas estavam a cocriação curricular, o desenvolvimento dos estudantes, a colaboração entre universidades e organizações externas e a utilização de problemas contemporâneos, particularmente relacionados à sustentabilidade, como o eixo articulador da aprendizagem. Esse estudo também identificou como oportunidade a ampliação dessas experiências para as áreas de gestão e sua integração com metodologias de aprendizagem orientadas por projetos.

Dessa forma, para os fins deste relato, a transdisciplinaridade é compreendida como uma abordagem de ensino na qual conhecimentos provenientes de diferentes campos são articulados para interpretar e enfrentar conjuntamente um problema complexo, considerando suas interdependências e, quando pertinente, as perspectivas dos diferentes atores envolvidos. Essa compreensão orienta tanto o desenho da intervenção quanto a análise de seus resultados.

Já a educação para a sustentabilidade introduz uma dificuldade adicional à formação universitária, pois conhecer conceitos relacionados à sustentabilidade não equivale necessariamente a conseguir empregá-los em uma decisão. O estudo de Wiek et al. (2011) permanece como uma das bases dessa discussão ao organizar competências para a sustentabilidade relacionadas, entre outros aspectos, ao pensamento sistêmico, antecipatório, normativo, estratégico e interpessoal. No entanto, estudos recentes avançam a discussão ao investigar como essas competências podem ser efetivamente estimuladas por experiências educacionais. Leal Filho et al. (2025), por exemplo, identificaram a importância de abordagens práticas, colaborativas e contextualizadas no ensino superior e apontaram que limitações como baixa integração entre teoria e prática podem restringir o desenvolvimento das competências necessárias para lidar com problemas de sustentabilidade.

A necessidade de operacionalização também aparece em estudos mais direcionados à formação profissional. Bespalyy e Bespalaya (2026), ao analisarem as competências de sustentabilidade diante das expectativas acadêmicas e das exigências do mercado de trabalho, destacam seu caráter multidimensional, retomando competências cognitivas, interpessoais e intrapessoais e reforçando a relevância de capacidades como pensamento sistêmico, antecipação, julgamento normativo e ação estratégica.

Para o presente relato, entretanto, uma dessas competências assume importância particular: o pensamento sistêmico. Em decisões relacionadas à sustentabilidade, uma solução pode gerar benefícios em determinada dimensão e consequências adversas em outra. Logo, pensar sistemicamente significa, nesse contexto, deslocar a análise de indicadores isolados para as relações entre componentes, atores e consequências da decisão. Nesse âmbito, o estudo de Thian et al. (2026) sobre abordagens interdisciplinares e transdisciplinares na educação para sustentabilidade encontrou três características particularmente associadas ao desenvolvimento do pensamento sistêmico: a exposição à complexidade, a presença significativa de situações reais e o equilíbrio entre autonomia discente e suporte educacional.

A importância de experiências concretas também aparece na formação em áreas de gestão e operações. Salinas-Navarro et al. (2024a) analisaram uma intervenção de aprendizagem experiencial em gestão de operações circulares no ensino superior, estruturando atividades nas quais os conceitos de economia circular eram aplicados a problemas operacionais. Os autores posicionam a experiência prática como meio de aproximar conceitos de sustentabilidade das decisões próprias da gestão de operações. Em outro estudo publicado no mesmo ano, os autores integraram cadeias de suprimentos circulares a uma experiência

educacional voltada a estudantes de engenharia industrial e de sistemas, reforçando a utilização de problemas aplicados para relacionar aprendizagem em *supply chain* e sustentabilidade.

A perspectiva adotada neste relato, portanto, não pressupõe que uma única atividade desenvolva integralmente competências complexas de sustentabilidade. O que se pretende observar é algo mais restrito: como uma intervenção de orientação transdisciplinar pode ampliar a capacidade dos estudantes de reconhecer relações entre diferentes dimensões de uma decisão logística e apoiá-los na construção de justificativas que considerem essas relações. Logo, esse recorte evitou atribuir à intervenção aqui descrita os efeitos educacionais que exigiriam acompanhamento longitudinal ou instrumentos específicos de mensuração.

Não obstante, a sustentabilidade aplicada às operações logísticas exige considerar que decisões relacionadas a transporte, estoques, armazenagem, distribuição, fornecedores e configuração da cadeia podem produzir resultados diferentes conforme o critério de desempenho utilizado (Salinas-Navarro et al., 2024b).

Estudos sobre a formação em logística e *supply chain* também evidenciam a necessidade de aproximar a preparação dos estudantes dessas mudanças profissionais. Stek et al. (2025), ao proporem um currículo baseado em competências para *procurement* e *supply management*, incorporam a sustentabilidade e a inovação às competências necessárias à formação voltada para desafios contemporâneos da cadeia de suprimentos. Salinas-Navarro et al. (2024b), por sua vez, mostram que as experiências de aprendizagem em operações circulares podem colocar os alunos diante de questões nas quais as decisões operacionais e a sustentabilidade precisam ser analisadas conjuntamente.

Há, portanto, uma convergência entre os três eixos discutidos nesta seção. A transdisciplinaridade fornece uma abordagem para integrar perspectivas diante de problemas que atravessam fronteiras de conhecimento; a educação para sustentabilidade enfatiza competências relacionadas à compreensão sistêmica, julgamento e ação diante desses problemas; e a logística sustentável, por sua vez, fornece um campo decisório no qual diferentes critérios e consequências precisam ser conciliados.

## 3 Metodologia

Este relato técnico de abordagem qualitativa e natureza aplicada, foi desenvolvido a partir de uma intervenção educacional realizada em contexto real de ensino superior. A opção pelo relato técnico decorreu do interesse em analisar uma situação concreta de ensino, descrever a intervenção adotada diante do problema identificado e sistematizar os aprendizados decorrentes da experiência de forma potencialmente aplicável a contextos educacionais semelhantes.

A estrutura metodológica foi orientada pelo protocolo de Biancolino et al. (2012), segundo o qual o relato de produção técnica deve privilegiar conhecimento de caráter prescritivo e articular o contexto, a intervenção, os mecanismos adotados e os resultados obtidos.

O estudo foi delimitado a uma intervenção educacional desenvolvida no primeiro semestre de 2026, considerada como unidade empírica do relato. Contudo, convém ressaltar que o foco não recai sobre a avaliação integral do Projeto Integrador nem sobre o desenvolvimento global de competências ao longo do curso, mas sobre a forma como uma intervenção de orientação transdisciplinar foi utilizada para apoiar a análise integrada de decisões logísticas sustentáveis.

### 3.1 Contexto e participantes

A intervenção foi realizada no primeiro semestre letivo de 2026, em uma turma do quarto semestre do curso de graduação em Comércio Exterior, no âmbito de um Projeto Integrador de natureza interdisciplinar.

Participaram da experiência 24 estudantes, organizados em cinco grupos de trabalho. A intervenção foi desenvolvida ao longo do semestre, totalizando 40 horas-aula, período no qual os estudantes analisaram progressivamente uma situação-problema relacionada à tomada de decisão logística sustentável.

O Projeto Integrador constituiu o contexto interdisciplinar da experiência, por promover a articulação entre conhecimentos desenvolvidos em diferentes componentes curriculares. A intervenção analisada neste relato, contudo, foi concebida com orientação transdisciplinar, na medida em que exigiu dos estudantes não apenas a aproximação entre conteúdos disciplinares, mas a integração de dimensões operacionais, econômicas, ambientais e sociais e a consideração das perspectivas de diferentes stakeholders envolvidos na situação analisada.

A docente responsável pelo componente participou diretamente do desenho, da aplicação e do acompanhamento da intervenção, assumindo, para fins deste relato, a posição de docente-pesquisadora participante. Essa proximidade possibilitou acompanhar o processo de construção das análises e registrar elementos relevantes da dinâmica dos grupos, embora também seja considerada posteriormente entre as limitações do estudo.

### 3.2 Situação-problema e estrutura da intervenção

A intervenção foi construída a partir do desafio de ampliar a forma como os estudantes analisavam uma decisão logística, deslocando o foco de uma leitura centrada predominantemente em critérios operacionais para uma análise capaz de considerar simultaneamente diferentes consequências da decisão.

Para isso, foi utilizado um cenário empresarial didático de distribuição, com alternativas envolvendo diferentes níveis de consolidação de cargas, frequência de viagens e configuração do transporte. As opções apresentavam inicialmente diferenças de custos, investimento, prazo, nível de serviço e utilização de recursos, sendo as implicações ambientais, sociais e para diferentes *stakeholders* incorporadas progressivamente à atividade.

O cenário, construído para reproduzir *trade-offs* plausíveis de uma decisão logística, funcionou como instrumento pedagógico; o objeto empírico do relato permaneceu sendo a experiência educacional efetivamente desenvolvida com a turma.

Na primeira fase, os estudantes tiveram contato com a situação-problema e realizaram uma análise inicial a partir dos conhecimentos já mobilizados no curso. Os grupos identificaram alternativas de decisão e construíram justificativas preliminares para suas escolhas, considerando principalmente aspectos relacionados ao funcionamento da operação.

Na segunda fase, foram incorporados progressivamente elementos adicionais ao problema, incluindo impactos ambientais, aspectos sociais, riscos, consequências sobre diferentes atores e conflitos entre critérios de decisão. Nessa etapa, a docente utilizou questões orientadoras destinadas a estimular a ampliação da análise, sem indicar previamente uma alternativa considerada correta.

Entre as questões utilizadas estiveram: quais atores seriam beneficiados ou prejudicados por determinada decisão? Quais consequências poderiam surgir em outras etapas da cadeia? Que conflitos poderiam existir entre custo, nível de serviço e impactos socioambientais? Quais efeitos poderiam ocorrer em horizontes temporais distintos? E, quais informações adicionais seriam necessárias para tornar a decisão mais consistente?

Na terceira fase, os grupos revisaram e aprofundaram suas análises, incorporando as diferentes dimensões discutidas ao longo do Projeto Integrador. A atenção voltou-se especialmente para a identificação de interdependências entre os critérios, reconhecimento de *trade-offs* e análise das consequências da decisão para diferentes *stakeholders*.

Na quarta fase, os estudantes consolidaram suas propostas e justificativas finais. Os produtos elaborados pelos grupos foram então comparados às análises iniciais, buscando

identificar mudanças na forma de estruturar o problema, integrar conhecimentos e justificar as decisões.

### 3.3 Fontes de evidência

Foram consideradas como fontes primárias os materiais produzidos durante a própria intervenção. O *corpus* analítico foi constituído pelas respostas coletivas elaboradas pelos grupos no primeiro momento, pelas respostas revisadas após a intervenção e pelas reflexões individuais produzidas ao final da atividade. As reflexões individuais foram produzidas a partir de questões abertas voltadas a quatro aspectos: os critérios inicialmente priorizados na tomada de decisão, as mudanças percebidas na justificativa ao longo da intervenção, os principais conflitos ou dificuldades enfrentados durante a análise e as informações adicionais consideradas necessárias para fundamentar uma decisão mais consistente. Esse instrumento teve função complementar, permitindo confrontar as mudanças observadas nos produtos coletivos com a percepção individual dos estudantes sobre o processo decisório.

Como fontes complementares, foram considerados o enunciado da atividade, os materiais disponibilizados aos estudantes, as questões orientadoras utilizadas durante a intervenção e os registros de observação elaborados pela docente durante sua aplicação.

A utilização de fontes distintas teve como finalidade confrontar o que os estudantes produziram, o que declararam perceber sobre o processo e o que foi observado durante a atividade, reduzindo a dependência de uma única forma de evidência.

Para preservar a análise dos participantes efetivamente expostos às diferentes etapas, foram incluídos na comparação antes/depois somente os grupos com produções válidas nos dois momentos. Da mesma maneira, as reflexões individuais foram analisadas apenas quando havia registro completo da participação correspondente. Os cinco grupos apresentaram registros válidos nas etapas inicial e final, e os 24 estudantes participantes produziram a reflexão individual prevista, razão pela qual a totalidade das produções foi incorporada ao *corpus* analítico. A realização da intervenção e a utilização acadêmica dos registros produzidos no âmbito do Projeto Integrador contaram com anuência da coordenação do curso, sendo preservada a identidade dos estudantes (anonimizados) na análise e apresentação dos resultados.

### 3.4 Procedimentos de análise

A análise foi estruturada a partir de quatro categorias previamente derivadas do referencial teórico: a integração de conhecimentos, o pensamento sistêmico, o reconhecimento de *trade-offs* e a perspectiva dos *stakeholders*.

A categoria de integração de conhecimentos foi utilizada para identificar se os estudantes mobilizaram dimensões operacionais, econômicas, ambientais e sociais de forma isolada ou articulada. O pensamento sistêmico foi observado quando as justificativas estabeleceram relações entre determinada decisão e suas consequências sobre outros elementos da operação, da cadeia ou do contexto analisado. O reconhecimento de *trade-offs* correspondeu à identificação explícita de conflitos, compensações, ganhos e perdas entre diferentes critérios de decisão. A perspectiva dos *stakeholders* foi analisada a partir da identificação dos atores afetados ou capazes de influenciar a decisão e da forma como seus interesses foram incorporados às justificativas.

Para permitir a comparação estruturada entre os diferentes momentos da intervenção, cada categoria foi classificada por meio de três níveis analíticos: 0 – Ausente: O elemento não aparece na análise; 1 – Presente: O elemento é mencionado, mas aparece pouco articulado à decisão; 2 – Integrado: O elemento é utilizado explicitamente para explicar, comparar ou justificar a decisão.

A codificação foi realizada pela docente-pesquisadora mediante leitura sistemática do corpus e teve função descritiva e analítica, não psicométrica. Portanto, os níveis não foram utilizados como medida de aquisição permanente de competências, mas como forma de identificar mudanças observáveis na estrutura das análises produzidas durante o semestre. As respostas individuais foram analisadas de forma complementar, com agrupamento temático das justificativas apresentadas pelos estudantes, especialmente quanto aos critérios inicialmente priorizados, às mudanças percebidas na argumentação e às dificuldades encontradas durante a tomada de decisão.

### 3.5 Delimitação e cuidados de interpretação

Por se tratar de uma intervenção realizada em uma única turma, o estudo não buscou generalização estatística de seus resultados. A contribuição pretendida é analítica e aplicada, voltada à compreensão dos mecanismos utilizados na intervenção e à discussão de sua possível adaptação a experiências educacionais semelhantes.

Também não se assume que a permanência ou a mudança da alternativa escolhida pelos grupos represente, isoladamente, maior ou menor aprendizagem. Um grupo pode manter a decisão inicial e, ainda assim, apresentar ao final uma justificativa mais complexa, sistêmica e integrada. Da mesma forma, o relato não pretende afirmar que uma intervenção de 40 horas-aula seja suficiente para desenvolver de forma permanente competências transdisciplinares ou competências para sustentabilidade. Os resultados foram delimitados às mudanças identificadas nos produtos e nas argumentações desenvolvidas ao longo da experiência.

## 4. Análise e discussão dos resultados

O problema proposto aos estudantes envolvia uma decisão relacionada à configuração de uma operação de distribuição, para a qual foram apresentadas alternativas distintas quanto a custos, nível de serviço, utilização de recursos, impactos ambientais e consequências para diferentes atores. A construção da situação evitou a existência de uma alternativa simultaneamente superior em todos os critérios, de modo que a decisão exigisse priorização, reconhecimento de consequências e justificativa dos *trade-offs* assumidos.

Nas primeiras análises produzidas pelos grupos, observou-se a predominância dos critérios tradicionalmente associados ao desempenho logístico. Todos os cinco grupos utilizaram custo como argumento relevante, quatro recorreram ao prazo ou nível de serviço e quatro consideraram a utilização ou eficiência dos recursos disponíveis. Os critérios ambientais apareceram espontaneamente em dois grupos, porém ainda de maneira complementar à decisão. Somente um grupo incorporou alguma consideração de natureza social em sua primeira justificativa, e nenhuma das produções iniciais apresentou articulação consistente entre as quatro dimensões analisadas no estudo.

A perspectiva dos *stakeholders* também se mostrou inicialmente concentrada nos atores mais diretamente associados à transação. A empresa e os clientes foram mencionados pelos cinco grupos, enquanto operador logístico ou transportador apareceu em três. Os trabalhadores foram considerados por apenas um grupo e não foram identificadas, nessa fase, análises envolvendo de maneira substantiva a comunidade, os agentes públicos ou outros grupos indiretamente afetados pela decisão. O resultado inicial indicou, portanto, não a ausência de conhecimento sobre sustentabilidade, mas uma estrutura de decisão predominantemente funcional, na qual os critérios econômicos bem como os operacionais ocupavam posição central e as demais consequências apareciam de forma periférica. Em termos da classificação analítica adotada, predominavam, nas produções iniciais, os níveis 0 e 1 nas quatro categorias, indicando presença limitada ou pouca articulação dos elementos relacionados à integração de conhecimentos, pensamento sistêmico, *trade-offs* e perspectivas dos *stakeholders*.

Esse achado confirmou empiricamente a pertinência do problema pedagógico que havia orientado o desenho da intervenção. O desafio não estava simplesmente em introduzir conteúdos ambientais ou sociais, mas em criar condições para que conhecimentos pertencentes a diferentes dimensões fossem utilizados de maneira articulada diante de uma decisão concreta.

### 4.1 O tipo de intervenção e os mecanismos adotados

A intervenção foi desenvolvida progressivamente durante o semestre. Após a análise inicial, novas informações foram inseridas no problema e os grupos passaram a ser confrontados com questões relacionadas a emissões, consumo de recursos, impactos sobre trabalhadores, riscos, investimentos necessários, horizonte temporal das decisões e interesses de diferentes stakeholders. Contudo, em vez de fornecer uma matriz pronta de decisão ou estabelecer pesos para cada dimensão, a atuação docente concentrou-se em provocar os estudantes a tornar explícitos os critérios utilizados e as consequências associadas a suas escolhas.

Quatro mecanismos orientaram esse processo: a integração de conhecimentos, o pensamento sistêmico, o reconhecimento de *trade-offs* e a perspectiva dos *stakeholders*. Ressalta-se que esses mecanismos não foram trabalhados como tópicos independentes. À medida que as análises eram desenvolvidas, os estudantes eram questionados sobre como determinada vantagem operacional se relacionava a outros efeitos, quem absorveria benefícios e custos, quais consequências poderiam surgir em diferentes momentos e quais critérios justificavam a prioridade atribuída a determinada alternativa.

A orientação transdisciplinar da intervenção tornou-se mais evidente quando os estudantes precisaram deslocar a discussão da contribuição isolada de cada área para a compreensão do problema como um sistema de relações. O caráter interdisciplinar do Projeto Integrador ofereceu os conhecimentos necessários para a análise, enquanto a intervenção procurava criar um problema no qual esses conhecimentos somente produziriam uma resposta consistente se fossem mobilizados conjuntamente.

### 4.2 Resultados obtidos na integração das dimensões da decisão

Ao final do semestre, os cinco grupos apresentaram alterações na estrutura das justificativas, embora em intensidades distintas. Quatro grupos passaram a articular explicitamente os aspectos econômicos, operacionais, ambientais e sociais na decisão final. O quinto grupo mencionou elementos das quatro dimensões, porém os fatores sociais permaneceram mais descritivos e tiveram menor influência sobre a alternativa recomendada. Considerando os níveis analíticos definidos na metodologia, quatro dos cinco grupos alcançaram, ao final da intervenção, o nível 2 na categoria integração de conhecimentos, uma vez que passaram a utilizar conjuntamente diferentes dimensões para explicar, comparar ou justificar a decisão. O quinto grupo permaneceu no nível 1 nessa categoria, pois, embora tenha mencionado elementos econômicos, operacionais, ambientais e sociais, parte dessas dimensões ainda apareceu de forma pouco articulada à justificativa final.

A diferença em relação às produções iniciais esteve principalmente na forma de utilização dos critérios. Inicialmente, a maioria dos grupos apresentava argumentos em sequência: menor custo, menor prazo, melhor aproveitamento dos veículos e, eventualmente, menor impacto ambiental. Nas entregas finais, tornou-se mais frequente a explicitação das relações entre esses fatores. Os estudantes passaram, por exemplo, a discutir que uma alternativa capaz de reduzir a quantidade de viagens poderia diminuir determinados custos operacionais e emissões, mas também produzir alterações no tempo de atendimento ou exigir reorganização do processo de consolidação. Em outras situações, foram ponderados os benefícios ambientais associados a determinada configuração frente ao investimento inicial requerido e às restrições operacionais existentes.

Essa mudança foi mais consistente em três dos cinco grupos. Neles, as justificativas finais deixaram de apresentar as dimensões como critérios independentes e passaram a utilizá-las na comparação entre as alternativas. Um quarto grupo demonstrou evolução semelhante, mas ainda estabeleceu prioridade acentuada ao custo total. O quinto grupo ampliou significativamente a quantidade de critérios considerados, embora tenha apresentado menor capacidade de explicitar como esses critérios se relacionavam.

A análise indica, portanto, que a intervenção não produziu homogeneidade entre os grupos, o que seria pouco plausível em uma experiência educacional dessa natureza. O resultado mais relevante foi a passagem, em diferentes graus, de uma lógica predominantemente segmentada para uma argumentação que reconhecia a existência de relações entre as dimensões da decisão.

Esse resultado se aproxima do que Leal Filho et al. (2025) discutem ao defender experiências educacionais que ultrapassem a exposição conceitual e permitam aos estudantes mobilizar conhecimentos diante de problemas concretos de sustentabilidade. Também converge com Annelin et al. (2024), para quem as experiências transdisciplinares podem favorecer a articulação entre conhecimentos e diferentes perspectivas quando organizadas em torno de problemas reais ou suficientemente próximos da prática.

### 4.3 Pensamento sistêmico e ampliação da estrutura da decisão

A evolução também foi identificada na capacidade de relacionar a alternativa escolhida às suas consequências sobre outros componentes da operação. Na análise inicial, quatro grupos concentravam seus argumentos no efeito imediato da decisão sobre custo, prazo ou eficiência logística. Apenas um apresentou relação explícita entre uma escolha operacional e seus efeitos sobre outra dimensão.

Ao final da intervenção, quatro grupos construíram relações causais mais claras entre decisão e consequências. Em vez de afirmar apenas que determinada alternativa possuía menor impacto ambiental, os estudantes passaram a justificar de que maneira a utilização dos recursos, a frequência das operações ou a configuração do transporte poderia produzir esse resultado e quais efeitos poderiam surgir simultaneamente sobre custos e serviço. Também apareceram análises sobre consequências de curto e longo prazo, especialmente quando as alternativas exigiam investimento inicial ou alterações estruturais na operação. Na classificação da categoria pensamento sistêmico, quatro grupos atingiram o nível 2 ao final da intervenção, por estabelecerem relações explícitas entre as decisões e suas consequências sobre os outros componentes da operação do contexto analisado. O quinto grupo permaneceu no nível 1, pois incorporou maior quantidade de variáveis, mas ainda apresentou parte delas como indicadores independentes, sem explicitar suficientemente as relações entre causa, consequência e decisão.

Essa diferença indica que ampliar o número de critérios considerados não equivale automaticamente a desenvolver uma leitura sistêmica do problema. Esse achado reforça uma distinção importante: a intervenção parece ter sido mais efetiva quando as perguntas orientadoras exigiam dos estudantes explicar relações do que quando apenas solicitavam identificar dimensões relevantes. A experiência sugere, assim, que intervenções educacionais voltadas à sustentabilidade devem ultrapassar a inclusão de critérios adicionais e provocar explicitamente a análise das interdependências entre eles. A constatação é coerente com a literatura examinada por Kloeckner (2025), na qual a relação entre transdisciplinaridade, problemas complexos e desenvolvimento de pensamento integrado aparece como elemento recorrente das experiências de ensino superior. Também se aproxima das discussões de Torres-Sánchez et al. (2024), que associam experiências transdisciplinares à compreensão de problemas complexos antes da formulação de soluções.

### 4.4 Reconhecimento dos *trade-offs*

O reconhecimento de *trade-offs* apresentou uma das mudanças mais nítidas ao longo da intervenção. Nas primeiras produções, somente dois grupos reconheceram explicitamente que determinada vantagem poderia implicar uma perda em outro critério. Nos demais, a decisão aparecia predominantemente como busca pela alternativa considerada globalmente mais eficiente. De acordo com a classificação adotada, três grupos encontravam-se inicialmente no nível 0 para reconhecimento de *trade-offs*, enquanto dois foram classificados no nível 1, por mencionarem conflitos entre critérios sem utilizá-los de forma consistente na justificativa da decisão. Ao final da intervenção, quatro grupos atingiram o nível 2, incorporando explicitamente os conflitos e compensações à argumentação, enquanto um permaneceu no nível 1.

Nas produções finais, os cinco grupos reconheceram pelo menos um conflito entre objetivos, e quatro utilizaram esses conflitos como parte efetiva da justificativa. Os *trade-offs* mais recorrentes envolveram custo e investimento versus benefícios ambientais de maior prazo, rapidez do atendimento versus eficiência na utilização dos recursos, nível de serviço versus consolidação das operações e desempenho econômico imediato versus consequências socioambientais. Dois grupos modificaram a alternativa recomendada durante o desenvolvimento do projeto. Nos dois casos, a alteração decorreu da incorporação de consequências que não haviam sido consideradas nas primeiras etapas. Os outros três grupos mantiveram a recomendação inicial, mas reformularam sua fundamentação. Essa permanência mostrou-se particularmente relevante porque evidenciou que o efeito da intervenção não poderia ser mensurado apenas pela mudança da alternativa escolhida.

Em um dos grupos que manteve a recomendação, a decisão inicial havia sido sustentada principalmente pela redução de custos e pela manutenção do nível de serviço. Na versão final, esses argumentos permaneceram, mas passaram a ser ponderados com impactos ambientais, riscos operacionais, consequências para trabalhadores e necessidade de acompanhamento de indicadores ao longo da implantação. A mesma alternativa, portanto, passou a ser defendida a partir de uma estrutura decisória substantivamente mais ampla.

Esse resultado constitui um dos principais achados da experiência. Em decisões logísticas sustentáveis, uma análise mais complexa não necessariamente conduz à escolha de outra solução. Pode conduzir à mesma escolha com maior compreensão de seus limites, riscos e efeitos. A intervenção mostrou, nesse sentido, que a qualidade da decisão deve ser observada também pela capacidade de explicitar as compensações assumidas.

### 4.5 Ampliação da perspectiva dos *stakeholders*

A consideração dos *stakeholders* também apresentou mudanças relevantes. No início da intervenção, a empresa e os clientes dominavam a análise, enquanto os demais atores apareciam de forma pontual. Ao final, todos os grupos incorporaram pelo menos quatro categorias de *stakeholders* em suas justificativas, e quatro grupos utilizaram os interesses ou impactos sobre esses atores como elementos para avaliar as alternativas. Na categoria de perspectiva dos *stakeholders*, quatro grupos foram classificados no nível 2 ao final da intervenção, pois os interesses e impactos sobre os diferentes atores passaram a integrar efetivamente a avaliação das alternativas. O quinto grupo permaneceu no nível 1, uma vez que ampliou a identificação de *stakeholders*, mas ainda utilizou parte deles predominantemente de forma descritiva.

Os funcionários e operadores logísticos passaram a aparecer com maior frequência nas análises, especialmente em discussões sobre reorganização das operações, carga de trabalho, necessidade de capacitação e possíveis efeitos da mudança logística. Também foram incorporadas as considerações relacionadas a fornecedores, agentes públicos e comunidades afetadas pela operação. Entretanto, houve diferenças quanto à profundidade dessa incorporação. Enquanto alguns grupos utilizaram os interesses dos atores para questionar ou alterar

prioridades, outros ainda apresentaram parte deles apenas como elementos que deveriam ser considerados durante a implantação.

O avanço observado não deve, portanto, ser reduzido ao crescimento da quantidade de *stakeholders* identificados. A principal mudança ocorreu quando os estudantes passaram a reconhecer que benefícios e custos de uma decisão logística podem ser distribuídos de maneira diferente entre os atores. Essa percepção tornou-se especialmente evidente nas discussões em que uma alternativa favorável à organização apresentava efeitos potencialmente adversos para trabalhadores ou para outros agentes envolvidos na operação. Tal resultado se mostrou consistente com a literatura sobre transdisciplinaridade utilizada neste relato. A integração de perspectivas externas às fronteiras estritamente disciplinares constitui componente importante da abordagem, especialmente em problemas de sustentabilidade. Kloeckner (2025) identificou, entre as tendências recentes do campo, maior aproximação entre ensino superior, sustentabilidade, problemas complexos e participação de atores externos. Annelin et al. (2024) também destacam o papel das perspectivas dos stakeholders na construção de experiências educacionais transdisciplinares.

### 4.6 Percepção dos estudantes sobre a mudança na análise

As reflexões produzidas pelos 24 participantes ao final da experiência complementaram a análise dos produtos dos grupos. Na questão referente aos critérios inicialmente priorizados, 18 estudantes indicaram ter atribuído maior importância a custo, prazo ou desempenho da operação nas primeiras etapas da atividade. Na questão relativa às mudanças percebidas na própria justificativa, 20 participantes afirmaram que a inclusão progressiva de novas informações ao longo do projeto alterou sua maneira de fundamentar a decisão, mesmo quando a alternativa escolhida pelo grupo permaneceu a mesma.

Na questão que solicitava a identificação da principal dificuldade enfrentada durante a análise, 15 estudantes mencionaram situações relacionadas à conciliação entre objetivos conflitantes. Outros seis destacaram a necessidade de definir quais stakeholders deveriam receber maior atenção em determinadas situações, enquanto três apontaram a dificuldade de trabalhar com informações incompletas ou com consequências de difícil quantificação.

A análise qualitativa das respostas abertas também revelou uma limitação relevante. Embora os participantes tenham incorporado com maior frequência impactos sociais às análises finais, os aspectos econômicos e ambientais foram tratados com maior segurança e objetividade. As consequências sociais apareceram, em alguns casos, com menor precisão ou sustentadas por argumentações mais gerais. Esse resultado sugere que a simples introdução da dimensão social não garante a mesma profundidade analítica alcançada em critérios com os quais os estudantes possuem maior familiaridade ou acesso a indicadores quantitativos.

Esse resultado é particularmente útil para aperfeiçoamentos futuros da intervenção. Novas aplicações podem incorporar dados mais estruturados sobre condições de trabalho, impactos territoriais ou outros indicadores sociais, evitando que essa dimensão dependa excessivamente de argumentos subjetivos.

### 4.7 Análise integrada dos resultados e confronto com o referencial teórico

Considerados em conjunto, os resultados indicam que a principal mudança observada ocorreu na estrutura da argumentação decisória, e não necessariamente na alternativa logística escolhida. Ao final da experiência, os grupos apresentaram maior integração entre diferentes conhecimentos, ampliaram a quantidade e a diversidade de consequências consideradas, reconheceram com maior clareza os conflitos entre objetivos e incorporaram perspectivas de stakeholders que haviam recebido pouca atenção nas análises iniciais.

Essa constatação é coerente com a premissa assumida no referencial teórico de que educação para sustentabilidade não se limita à aquisição de conceitos. Leal Filho et al. (2025)

ressaltam a importância de experiências práticas e colaborativas capazes de aproximar os estudantes dos desafios complexos da sustentabilidade. Na intervenção analisada, a evolução mais significativa ocorreu justamente quando os conceitos deixaram de aparecer como conteúdos paralelos e passaram a interferir na avaliação das alternativas logísticas.

Os resultados também dialogam com a discussão sobre pensamento sistêmico. A ampliação das relações estabelecidas pelos grupos entre decisão e consequências sugere que a exposição progressiva à complexidade do problema favoreceu uma leitura menos fragmentada. Contudo, a diferença observada entre os grupos indica que esse processo não ocorre automaticamente. A presença de múltiplos critérios pode ampliar a análise sem necessariamente gerar integração, como demonstrado pelo grupo que incorporou diversas dimensões, mas permaneceu parcialmente estruturado por uma lógica de indicadores independentes.

Esse resultado reforça a pertinência de utilizar questões orientadoras centradas em relações causais e consequências. Para favorecer uma análise sistêmica, parece ser mais produtivo perguntar aos estudantes "o que acontece com os demais elementos se esta decisão for adotada?" do que simplesmente solicitar que considerem aspectos econômicos, ambientais e sociais.

A experiência também converge com Torres-Sánchez et al. (2024) quanto à pertinência de desenvolver experiências educacionais em torno de problemas complexos nos quais diferentes conhecimentos precisam ser integrados antes da construção de soluções. Da mesma forma, aproxima-se de Salinas-Navarro et al. (2024a) ao utilizar um problema de operações como ambiente de aprendizagem para integrar decisões técnicas e sustentabilidade.

Em relação à transdisciplinaridade, os resultados oferecem uma contribuição conceitualmente mais delimitada. Não se pode afirmar que o Projeto Integrador analisado tenha se tornado transdisciplinar, pois o projeto permaneceu institucionalmente interdisciplinar. A intervenção específica, entretanto, incorporou características de orientação transdisciplinar ao exigir integração de conhecimentos, análise de um problema complexo e consideração, no cenário decisório, das perspectivas de atores externos às disciplinas mobilizadas no semestre. Essa distinção reduz o risco de utilizar transdisciplinaridade como sinônimo de simples articulação curricular.

### 4.8 Contribuições para o ensino e para situações similares

A primeira contribuição da experiência está na demonstração de que estruturas curriculares interdisciplinares já existentes podem receber intervenções delimitadas de orientação transdisciplinar, sem necessidade de redefinição integral do Projeto Integrador. Esse aspecto amplia a aplicabilidade da experiência, pois muitos cursos superiores possuem projetos integradores, projetos semestrais ou componentes semelhantes, enquanto mudanças curriculares de maior amplitude dependem de processos institucionais mais complexos.

A segunda contribuição está na maneira de inserir sustentabilidade na formação em logística e operações. Os resultados indicam maior potencial quando sustentabilidade compõe o próprio problema decisório, em vez de ser apresentada como avaliação complementar após uma solução logística ter sido escolhida. Na experiência analisada, os conflitos entre critérios constituíram parte deliberada do desenho do problema e obrigaram os estudantes a explicitar quais consequências estavam dispostas a aceitar ao recomendar determinada alternativa.

A terceira contribuição refere-se à distinção entre quantidade de critérios e integração. A experiência mostrou que adicionar dimensões ambientais e sociais a uma atividade não garante uma análise sistêmica. Para isso, é necessário criar mecanismos que exijam dos estudantes relacionar causas, consequências, interesses e horizontes temporais.

Outro aprendizado profissional relevante diz respeito à interpretação dos resultados da aprendizagem. A mudança da alternativa escolhida não deve ser assumida como principal indicador de sucesso. Três dos cinco grupos mantiveram sua decisão inicial, mas apresentaram

justificativas finais substancialmente mais complexas. Para práticas educacionais orientadas à tomada de decisão, avaliar como a decisão é fundamentada pode ser mais informativo do que verificar apenas qual solução foi selecionada.

### 4.9 Relevância profissional e possibilidade de transferência

A experiência apresenta potencial de aplicação em outros Projetos Integradores e componentes relacionados a Comércio Exterior, Logística, Administração, Engenharia de Produção e Gestão de Operações. A transferência não depende da reprodução do mesmo cenário, mas da preservação dos mecanismos utilizados: apresentação de um problema decisório com alternativas plausíveis, registro da interpretação inicial, inclusão progressiva de novas perspectivas, explicitação das interdependências, discussão dos *trade-offs*, consideração dos stakeholders e revisão fundamentada da decisão.

Do ponto de vista profissional, o principal ensinamento a ser socializado é que problemas de logística sustentável podem ser utilizados como instrumentos formativos compatíveis com uma orientação transdisciplinar por envolvem decisões nas quais não existe necessariamente uma alternativa capaz de maximizar simultaneamente o custo, o serviço e os resultados socioambientais. A formação do profissional pode, assim, deslocar-se da busca por uma solução simplesmente "ótima" para a construção de decisões justificáveis diante de objetivos concorrentes.

A experiência também evidenciou que a sustentabilidade deve ser incorporada à arquitetura da decisão e não posicionada externamente a ela. Esse aprendizado apresenta aplicabilidade para além do ensino. Em ambientes organizacionais, decisões logísticas também podem ser estruturadas de modo a explicitar consequências, atores afetados e compensações entre objetivos antes da definição da alternativa, reduzindo o risco de que critérios socioambientais sejam considerados somente após a decisão operacional.

Por fim, a intervenção permite sistematizar um percurso potencialmente replicável: inicia-se com a apresentação de um problema logístico e a construção de uma decisão preliminar; amplia-se progressivamente a situação por meio de novas informações e perspectivas; explicitam-se relações sistêmicas, stakeholders e trade-offs; e solicita-se uma decisão final cuja justificativa evidencie os critérios priorizados e as consequências reconhecidas. Mais do que oferecer uma solução logística específica, esse percurso constitui o conhecimento prescritivo central decorrente da experiência e pode orientar intervenções educacionais em outros contextos nos quais sustentabilidade e tomada de decisão precisem ser tratadas de forma integrada.

## 5. Considerações finais

Este relato técnico teve como objetivo apresentar e analisar uma intervenção educacional de orientação transdisciplinar, desenvolvida no âmbito de um Projeto Integrador interdisciplinar com estudantes de Comércio Exterior, para apoiar a análise integrada de decisões logísticas sustentáveis. Os resultados indicaram que a principal mudança observada ao longo da intervenção ocorreu na estrutura da argumentação decisória dos estudantes, que passou de uma análise inicialmente concentrada em critérios econômicos e operacionais para uma consideração mais articulada de dimensões ambientais, sociais, sistêmicas e relacionadas aos stakeholders. Também se observou avanço no reconhecimento de *trade-offs* e das interdependências entre critérios, embora em intensidades distintas entre os grupos. Um achado particularmente relevante foi a constatação de que a ampliação da qualidade da análise não depende necessariamente da mudança da alternativa escolhida: três dos cinco grupos mantiveram sua decisão inicial, mas passaram a sustentá-la a partir de justificativas mais abrangentes e integradas. Nesse sentido, a experiência respondeu à questão proposta ao demonstrar que uma intervenção de orientação transdisciplinar pode apoiar a análise de

decisões logísticas sustentáveis quando cria condições para que diferentes conhecimentos, consequências e perspectivas sejam mobilizados conjuntamente durante o próprio processo decisório.

Como contribuição aplicada, a experiência evidencia que estruturas curriculares já concebidas de forma interdisciplinar, como os Projetos Integradores, podem incorporar intervenções delimitadas de orientação transdisciplinar sem que seja necessário redefinir integralmente sua organização curricular. O conhecimento prescritivo decorrente do relato reside, sobretudo, no percurso utilizado: apresentação de um problema logístico com alternativas plausíveis e conflitantes, construção de uma decisão preliminar, introdução progressiva de novas informações e perspectivas, análise das interdependências, explicitação dos trade-offs, consideração dos stakeholders e elaboração de uma decisão final fundamentada. Para o ensino de logística, operações e Comércio Exterior, a experiência também reforça que a sustentabilidade tende a produzir maior potencial formativo quando integra a própria arquitetura do problema decisório, em vez de aparecer como uma verificação complementar realizada após a escolha da solução. Esse percurso pode ser adaptado a outros Projetos Integradores, disciplinas ou atividades de cursos de Administração, Logística, Engenharia de Produção, Comércio Exterior e áreas correlatas, especialmente quando se pretende aproximar a formação dos estudantes de decisões profissionais nas quais objetivos econômicos, operacionais, ambientais e sociais precisam ser conciliados.

Os resultados devem, contudo, ser interpretados considerando as limitações do relato. A intervenção ocorreu em uma única turma, composta por 24 estudantes organizados em cinco grupos, e foi acompanhada pela própria docente-pesquisadora, o que restringe generalizações e pode introduzir influência decorrente de sua participação direta no processo. Além disso, as mudanças identificadas referem-se às produções e argumentações construídas durante as 40 horas-aula da intervenção e não permitem afirmar a aquisição permanente de competências transdisciplinares ou de sustentabilidade. As diferenças observadas entre os grupos e a menor profundidade apresentada em algumas análises da dimensão social também indicam possibilidades de aperfeiçoamento, especialmente mediante a utilização de dados socioambientais mais estruturados e de instrumentos capazes de acompanhar a permanência dos aprendizados ao longo do tempo.

Recomenda-se que estudos futuros repliquem a intervenção em outros cursos, instituições e contextos decisórios, de modo a comparar diferentes formatos de mediação e investigar longitudinalmente em que medida esse tipo de experiência contribui para que os futuros profissionais mobilizem, de forma efetiva, o pensamento sistêmico e os critérios de sustentabilidade em decisões logísticas complexas.

## Referências

Annelin, A., & Boström, G.-O. (2024). Interdisciplinary perspectives on sustainability in higher education: A sustainability competence support model. Frontiers in Sustainability, 5, 1416498. https://doi.org/10.3389/frsus.2024.1416498

Beamond, M. T., Schmitz, M., Cordova, M., Ilieva, M. V., Zhao, S., & Panina, D. (2026). Sustainability in business education: A systematic review and future research agenda. Critical Perspectives on International Business, 22(1), 56–83. https://doi.org/10.1108/CPOIB-06-2022-0071

Bespalyy, S., & Bespalaya, Y. (2026). Developing sustainable development competencies in university students: Academic expectations and labor market requirements. Frontiers in Education, 10, 1713352. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1713352

Biancolino, C. A., Kniess, C. T., Maccari, E. A., & Rabechini Jr., R. (2012). Protocolo para Elaboração de Relatos de Produção Técnica. *Revista Gestão e Projetos*, 3(2), 294-307. https://doi.org/10.5585/gep.v3i2.121

Bohm, N. L., Klaassen, R. G., van Bueren, E., & den Brok, P. (2024). How do students deal with the uncertainty of sustainability challenges? Metacognitive learning in a transdisciplinary course. Frontiers in Education, 9, 1362075. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1362075

Kloeckner, N. V. da R. (2025). A transdisciplinaridade no ensino superior: Fatores críticos de sucesso para a sua construção [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. https://teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-16092025-165056/pt-br.html

Leal Filho, W., Viera Trevisan, L., Sivapalan, S., Mazhar, M., Kounani, A., Mbah, M. F., Abubakar, I. R., Matandirotya, N. R., Pimenta Dinis, M. A., Borsari, B., & Abzug, R. (2025). Assessing the impacts of sustainability teaching at higher education institutions. Discover Sustainability, 6, 227. https://doi.org/10.1007/s43621-025-01024-z

Salinas-Navarro, D. E., Arias-Portela, C. Y., González de la Cruz, J. R., & Vilalta-Perdomo, E. (2024a). Experiential learning for circular operations management in higher education. Sustainability, 16(2), 798. https://doi.org/10.3390/su16020798

Salinas-Navarro, D. E., Palma-Mendoza, J. A., & Vilalta-Perdomo, E. (2024b). Integrating circular supply chains into experiential learning: Enhancing learning experiences in higher education. Sustainability, 16(23), 10789. https://doi.org/10.3390/su162310789

Stek, K., Picaud-Bello, K., Koch, V., & Johnsen, T. (2025). Rethinking purchasing and supply management education for sustainability and innovation challenges: Crafting a future-ready competency-based curriculum design. Journal of Purchasing and Supply Management, 31(2), 100974. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2024.100974

Thian, L. B., Ng, V., & Yoon, S. J. (2026). A systematic review of interdisciplinary and transdisciplinary approaches to foster systems thinking in higher education for sustainability. Discover Sustainability, 7, 478. https://doi.org/10.1007/s43621-026-02832-7

Torres-Sánchez, P., Juárez, A. M., & Miranda, J. (2024). Education 4.0 framework for sustainable entrepreneurship through transdisciplinary and abductive thinking: A case study. Frontiers in Education, 9, 1392131. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1392131

Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. Sustainability Science, 6, 203–218. https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6