

TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE: PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES DE REDES DE COMPUTADORES SOB A ÓTICA CTSA

**TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT: COMPUTER NETWORKS STUDENTS'
PERCEPTION UNDER THE STSE APPROACH**

Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas • 10/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791610500](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791610500)

Fábio Rocha dos Santos¹

Carmem Lúcia Costa Amaral²

RESUMO

Este artigo é resultado de uma pesquisa que examina a percepção ambiental de 44 estudantes do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores de uma Faculdade de Tecnologia no estado de São Paulo após a conclusão da disciplina Tecnologia e Meio Ambiente, cursada no primeiro semestre de 2026. Com base na abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e na Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), o estudo adotou abordagem quantitativa, de caráter descritivo e exploratório, com aplicação de questionário anônimo composto por oito questões fechadas. Os dados, tratados por estatística descritiva, foram discutidos à luz de estudos sobre resíduos eletroeletrônicos, fiscalização, certificações e comportamento pró-ambiental. Os resultados indicam que a proporção de estudantes que declararam conhecimento elevado sobre temas ambientais passou de 9,1% para 63,6%, que 93,2% consideram parcial ou ineficiente a fiscalização pública e que 95,5% avaliam negativamente a gestão de resíduos em sua região. Também se observou que 86,4% reconhecem a interdependência entre tecnologia e ambiente, que 36,4% desconfiam do uso mercadológico das certificações ambientais e que 75,0% se declaram capazes de disseminar a educação ambiental na atuação profissional e na comunidade. Conclui-se que a disciplina contribuiu para uma leitura mais crítica das relações entre tecnologia e ambiente, embora a natureza autodeclarada dos dados recomende cautela na interpretação.

Palavras-chave: Educação ambiental; Abordagem CTSA; Percepção ambiental; Redes de computadores; Ensino superior tecnológico.

ABSTRACT

This article is the result of a study that examines the environmental perception of 44 students from the Higher Technology Program in

Computer Networks at a College of Technology in the state of São Paulo after completing the course Technology and Environment in the first semester of 2026. Grounded in the Science, Technology, Society and Environment (STSE) approach and the Brazilian National Environmental Education Policy (PNEA), the study adopted a quantitative, descriptive, and exploratory design, using an anonymous questionnaire with eight closed questions. Data, treated through descriptive statistics, were discussed in light of studies on e-waste, enforcement, certifications, and pro-environmental behavior. Results show that the share of students who reported high environmental knowledge rose from 9.1% to 63.6%, that 93.2% consider public enforcement partial or ineffective, and that 95.5% evaluate waste management in their region negatively. In addition, 86.4% recognize the interdependence between technology and environment, 36.4% distrust the marketing use of environmental certifications, and 75.0% consider themselves able to disseminate environmental education in their professional practice and community. The course contributed to a more critical reading of the relations between technology and environment, although the self-reported nature of the data calls for caution in interpretation.

Keywords: Environmental education; STSE approach; Environmental perception; Computer networks; Technological higher education.

1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura composta por equipamentos de rede, servidores e dispositivos conectados raramente é associada pelo senso comum à degradação ambiental. Os números, contudo, contrariam essa imagem: em 2022, o mundo gerou 62 milhões de toneladas de resíduos eletroeletrônicos, dos quais apenas 22,3% tiveram coleta e reciclagem documentadas (Baldé et al., 2024). No mesmo período, a

eletricidade consumida por data centers chegou a cerca de 415 TWh em 2024, o equivalente a aproximadamente 1,5% do consumo mundial (IEA, 2025). Especialistas da área de Redes de Computadores trabalham diretamente na especificação, montagem, gerenciamento e descarte dessa infraestrutura, uma realidade que atribui ao seu percurso formativo uma dimensão ambiental pouco explorada nos currículos do eixo tecnológico. Instituída pela Lei nº 9.795/1999, a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) estabelece que a educação ambiental deve estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, inclusive na educação superior e na formação profissional (Brasil, 1999). Ao regulamentar essa orientação, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental atribuíram às instituições de ensino a tarefa de inserir a dimensão socioambiental nos projetos pedagógicos e nos currículos dos cursos (Brasil, 2012). A exigência normativa, porém, não define por si só de que modo essa inserção deve ocorrer em cursos centrados no domínio de tecnologias. Formar técnicos capazes de compreender essas relações exige ir além do domínio instrumental dos equipamentos. A abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) oferece um caminho para isso, pois problematiza a suposta neutralidade da técnica e situa as escolhas tecnológicas em um campo atravessado por interesses econômicos, políticos e ambientais (Auler, 2003). Na mesma linha, Ferreira (2024) argumenta que o letramento científico oferece as ferramentas necessárias para que o indivíduo selecione informações seguras e atue com autonomia diante dos desafios reais. Inserida no Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores de uma unidade da Faculdade de Tecnologia do estado de São Paulo, a disciplina Tecnologia e Meio Ambiente constitui um espaço curricular em que essas questões podem ser tratadas de modo sistemático. Resta saber em que medida a

experiência formativa altera a maneira como os estudantes percebem o ambiente, as instituições responsáveis por protegê-lo e o próprio papel profissional, aspecto ainda pouco examinado em pesquisas com graduandos da área tecnológica (Silva et al., 2023). Com base nesse cenário, este artigo propõe-se a analisar a percepção ambiental de 44 estudantes que concluíram a disciplina Tecnologia e Meio Ambiente no primeiro semestre de 2026, considerando a autoavaliação do conhecimento antes e depois do componente curricular, a visão sobre a fiscalização pública e a gestão de resíduos, a relação entre tecnologia e ambiente, a avaliação das práticas ambientais corporativas e a disposição para atuar como multiplicadores da educação ambiental. Os resultados são discutidos à luz da PNEA, do referencial CTSA e da leitura de Jacobi (2003), para quem a educação ambiental deve articular conhecimento, cidadania e corresponsabilidade diante dos problemas socioambientais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Educação Ambiental e Formação Profissional Tecnológica

A legislação brasileira confere à educação ambiental uma definição ampla, que abrange dimensões cognitivas, éticas e práticas. Segundo a PNEA, entendem-se por educação ambiental “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente” (Brasil, 1999, art. 1º). Esse entendimento afasta-se de uma visão puramente conteudista e foca na estruturação de preceitos éticos e técnicos, elemento central na preparação de futuros profissionais de tecnologia. Dentre as diretrizes e propósitos estabelecidos pelo texto legal, destaca-se a

compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos (Brasil, 1999). Dias (2004) associa essa perspectiva às recomendações da Conferência de Tbilisi, realizada em 1977, que já apontavam a interdisciplinaridade e o enfrentamento de problemas concretos como eixos da prática educativa ambiental. Nota-se, portanto, um alinhamento entre as diretrizes globais e a norma jurídica brasileira na rejeição a um ensino compartimentado. Existe, contudo, um paradoxo legal de extrema relevância para a presente investigação. O próprio texto da lei estabelece que a educação ambiental não seja implantada como disciplina específica no currículo, admitindo essa possibilidade apenas em cursos de pós-graduação, de extensão e em áreas voltadas ao aspecto metodológico (Brasil, 1999, art. 10). Componentes como Tecnologia e Meio Ambiente, presentes em cursos tecnológicos, não se confundem com uma disciplina de educação ambiental; funcionam, antes, como espaços em que a dimensão ambiental ganha densidade técnica, sem dispensar sua presença transversal no restante do currículo (Brasil, 2012). Jacobi (2003) desloca a discussão do plano normativo para o político ao argumentar que a educação ambiental precisa estar comprometida com a cidadania e com a corresponsabilidade dos sujeitos diante da degradação. Para o autor, a complexidade dos problemas ambientais exige práticas educativas que estimulem a participação ativa e a capacidade de interpretar criticamente a realidade, e não apenas a adesão a comportamentos considerados corretos. Em consonância com a necessidade de estimular essa participação, Oliveira e Amaral (2024) defendem que as ações pedagógicas em Educação Ambiental devem ir além da teoria para fomentar o engajamento e a consciência ecológica. Para as autoras, a adoção de estratégias contextualizadas converte o estudante em

coparticipante e corresponsável direto pela preservação e pela qualidade do meio em que está inserido. A compreensão dessas posturas e postulações ganha contornos mais nítidos na tipologia proposta por Layrargues e Lima (2014), que identificam três macrotendências político-pedagógicas no campo brasileiro. A conservacionista privilegia a sensibilização afetiva e a mudança de comportamentos individuais; a pragmática aposta em soluções de mercado, consumo sustentável, reciclagem e ecoeficiência; e a crítica vincula a questão ambiental às desigualdades sociais e aos conflitos de interesse que atravessam o modelo de desenvolvimento. Para cursos tecnológicos, a macrotendência pragmática exerce atração particular, porque dialoga com a linguagem da eficiência, da inovação e da gestão. Layrargues e Lima (2014) associam essa vertente ao ambientalismo de resultados e ao chamado ecologismo de mercado, consolidados com a hegemonia neoliberal a partir das décadas de 1980 e 1990. Reconhecer esse vínculo não significa descartar a ecoeficiência, mas situá-la em um quadro mais amplo, capaz de interrogar quem decide, quem se beneficia e quem arca com os custos ambientais da tecnologia. Nesse sentido, Santos e Amaral (2026) ressaltam que a introdução de temáticas ambientais atua como um elemento de contextualização indispensável. Para os autores, essa estratégia pedagógica cumpre o papel de aproximar os conhecimentos técnicos de dilemas sociais e práticos da realidade, estimulando diretamente o desenvolvimento do pensamento crítico nos estudantes. Tomadas em conjunto, essas contribuições sugerem que a qualidade da formação ambiental não se mede apenas pela quantidade de conteúdos abordados, mas pela capacidade de articular conhecimento técnico, leitura crítica e compromisso cidadão (Jacobi, 2003). Resta compreender como promover essa articulação em cursos centrados na tecnologia, problema para o

qual a abordagem CTSA oferece instrumentos conceituais específicos.

2.2. A Abordagem CTSA e a Alfabetização Científico-Tecnológica

Originado a partir das discussões acerca dos impactos sociais do desenvolvimento científico e tecnológico na segunda metade do século XX, o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) chegou à educação brasileira com a proposta de aproximar o ensino das questões que afetam a vida coletiva. Auler (2003) observa que, no campo educacional, o movimento se traduz na busca por uma alfabetização científico-tecnológica que supere o ensino meramente propedêutico e disciplinar, com a substituição progressiva da abordagem conceitual pela abordagem temática. Com a inclusão do “A”, de ambiente, a sigla CTSA explicita algo que a formulação original nem sempre tornava visível: as relações entre ciência, tecnologia e sociedade produzem consequências ecológicas que precisam ser tematizadas em sala de aula. Morozesk e Coelho (2016) mobilizam esse enfoque ao tratar o lixo eletrônico como tema gerador, articulando o uso cotidiano de equipamentos, a presença de componentes tóxicos e as responsabilidades pelo descarte. Nessa mesma linha de reflexão, Maciel (2012) reforça que o ensino pautado nas relações CTSA promove um letramento científico-tecnológico efetivo. Para a autora, essa abordagem é indispensável para despertar o compromisso social e a discussão crítica sobre os impactos éticos, políticos e econômicos das intervenções humanas. Sob essa ótica transformadora, Auler (2003) argumenta que a alfabetização científico-tecnológica deve desconstruir mitos históricos. O autor propõe contestar visões que naturalizam a técnica, como o determinismo tecnológico, a perspectiva salvacionista e a suposta soberania das decisões tecnocráticas. Tais

mitos dialogam diretamente com a formação em redes de computadores. Nessa área, a substituição ininterrupta de dispositivos costuma ser imposta como um rumo inevitável, enquanto os aparatos técnicos são erroneamente tratados como neutros. Santos (2007) aprofunda essa discussão ao diferenciar alfabetização e letramento científico. Enquanto a alfabetização se refere ao domínio de conceitos e linguagens da ciência, o letramento envolve o uso desse conhecimento em práticas sociais, com vistas à participação em debates públicos e à tomada de decisões. Na formação tecnológica, a diferença é significativa, pois saber configurar um switch não equivale a compreender as implicações de seu ciclo de vida. Efeitos de intervenções inspiradas nesse referencial já foram registrados em diferentes níveis de ensino. Na pesquisa de Morozesk e Coelho (2016), realizada com 110 estudantes do ensino fundamental de uma escola pública de Vitória (ES), a proporção dos que compreendiam a importância do descarte adequado de equipamentos eletrônicos passou de 35% para 75% após uma sequência de seminários sobre o tema, e 81% relataram mudança nos hábitos de descarte. Mais do que um conjunto de conteúdos, o referencial CTSA oferece uma forma de olhar a tecnologia que interroga suas condições de produção, uso e descarte (Santos, 2007). Aplicado ao campo das redes de computadores, esse olhar requer o conhecimento da materialidade ambiental da infraestrutura digital, tema tratado a seguir.

2.3. Tecnologia da Informação, Infraestrutura de Redes e Impactos Ambientais

Raramente percebida como fonte de impacto, a infraestrutura digital tem materialidade concreta. Murugesan (2008) define a TI verde como o estudo e a prática de projetar, fabricar, usar e

descartar computadores, servidores e sistemas associados de modo eficiente e com o menor impacto ambiental possível, o que estende a responsabilidade ambiental a todo o ciclo de vida dos equipamentos. Consumo de energia é a face mais visível desse impacto. Projeções da Agência Internacional de Energia indicam que a demanda elétrica dos data centers deve mais que dobrar até 2030, chegando a cerca de 945 TWh, impulsionada sobretudo pela expansão da inteligência artificial (IEA, 2025). Para o profissional de redes, o dado tem implicação direta, já que decisões sobre dimensionamento, virtualização, refrigeração e eficiência de equipamentos afetam o consumo energético das organizações (Murugesan, 2008). No outro extremo do ciclo de vida estão os resíduos. O relatório Global E-waste Monitor 2024 estima que a geração mundial de resíduos eletroeletrônicos poderá chegar a 82 milhões de toneladas em 2030 e aponta as Américas como região de baixa coleta documentada, com 4,2 kg recolhidos por habitante diante de 14,1 kg gerados (Baldé et al., 2024). Roteadores, switches, cabos, servidores e computadores substituídos integram esse fluxo, muitas vezes sem rastreabilidade. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituiu a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e incluiu os eletroeletrônicos entre os itens sujeitos à logística reversa obrigatória (Brasil, 2010). A regulamentação desse sistema para produtos de uso doméstico ocorreu apenas em 2020, com o Decreto nº 10.240, que definiu metas progressivas de pontos de recebimento e de destinação ambientalmente adequada (Brasil, 2020). O intervalo de uma década entre a lei e sua regulamentação específica expõe a distância entre a norma e sua implementação. Frente a esse descompasso, Santos e Amaral (2024) destacam a necessidade de se estruturar um gerenciamento de resíduos eficiente e integrado. Segundo os autores, o planejamento rigoroso dessas ações é

indispensável para mitigar os riscos socioambientais e assegurar a rastreabilidade, o tratamento correto e a destinação final segura de todos os materiais descartados. Resíduos sólidos urbanos, de modo geral, ilustram esse mesmo panorama. Em 2023, 41,5% dos resíduos sólidos urbanos do país tiveram destinação inadequada, e a recuperação de materiais recicláveis secos permaneceu em torno de 8% (Abrema, 2024). Esse é o cenário com o qual os estudantes convivem e que a disciplina se propõe a discutir. Implicada nas duas pontas do problema ambiental, no consumo de recursos e na geração de rejeitos, a infraestrutura digital confere à formação em redes uma responsabilidade que ultrapassa a dimensão operacional (Murugesan, 2008). Os procedimentos adotados para investigar como os estudantes percebem essas relações são apresentados na seção seguinte.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa adota abordagem quantitativa, de caráter descritivo e exploratório. É descritiva porque busca caracterizar as percepções de um grupo definido por meio de técnica padronizada de coleta de dados, e exploratória porque examina um tema ainda pouco investigado no contexto dos cursos superiores de tecnologia, situação em que, segundo Gil (2017), convém proporcionar maior familiaridade com o problema. Participaram 44 estudantes do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores de uma unidade da Fatec que concluíram a disciplina Tecnologia e Meio Ambiente no primeiro semestre de 2026. O componente teve carga horária de 40 horas, distribuídas em 20 encontros, e abordou legislação ambiental, impactos ambientais, recuperação de áreas degradadas, geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas, arborização urbana e programas ambientais

praticados nas empresas, conteúdos alinhados às diretrizes de inserção da dimensão socioambiental na educação superior (Brasil, 2012). Para a coleta de dados, aplicou-se ao final da disciplina um questionário estruturado com oito questões fechadas, que combinaram escalas ordinais do tipo Likert e itens de múltipla escolha. As duas primeiras questões solicitaram a autoavaliação do conhecimento antes e depois do componente, desenho conhecido como pré-teste retrospectivo, no qual o respondente avalia sua condição anterior no mesmo momento em que avalia a atual. Howard (1980) defende esse procedimento por reduzir o viés de mudança de referência, que ocorre quando o participante altera seu padrão de julgamento ao longo da intervenção. Nenhum estudante foi identificado, e nenhum dado pessoal foi solicitado. Por se tratar de pesquisa de opinião com participantes não identificados, o estudo se enquadra na hipótese prevista na Resolução CNS nº 510/2016, que dispensa o registro e a avaliação pelo sistema CEP/Conep nesses casos (Brasil, 2016). Tabuladas em planilha eletrônica, as respostas foram tratadas por estatística descritiva, com cálculo de frequências absolutas e relativas, apresentadas em tabela e gráficos. A interpretação dos dados apoiou-se na PNEA, no referencial CTSA e em estudos empíricos correlatos, procedimento semelhante ao adotado por Silva et al. (2023) com graduandos de engenharia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Conhecimento Ambiental Antes e Depois da Disciplina

Ao avaliar o próprio conhecimento antes de cursar a disciplina, 50,0% dos estudantes o consideraram pouco e 13,6% declararam não ter nenhum, de modo que 63,6% partiram de um repertório nulo ou

limitado. Somente 9,1% afirmaram conhecer bastante os temas ambientais, conforme a Tabela 1. Esse ponto de partida chama atenção porque a presença da educação ambiental em todos os níveis de ensino está prevista desde 1999 (Brasil, 1999), o que deveria, em tese, assegurar repertório prévio mais consistente.

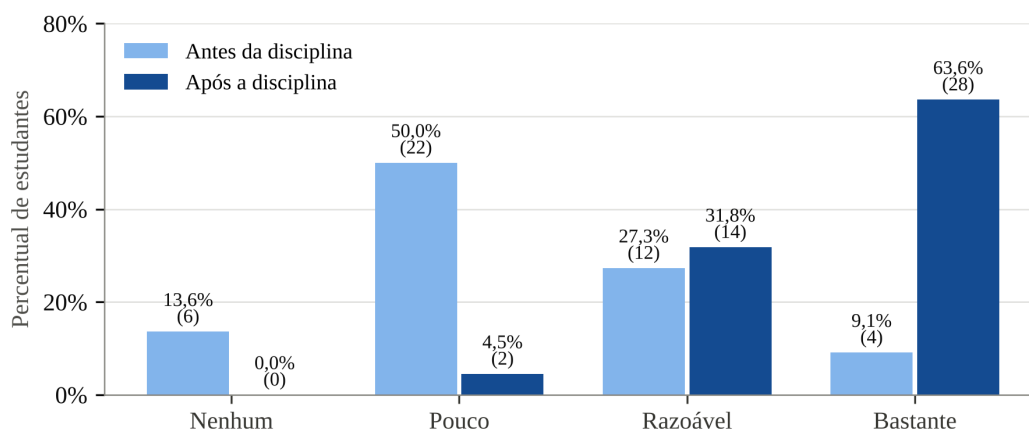
Tabela 1. Autoavaliação do conhecimento sobre temas ambientais antes e após a disciplina (n = 44)

Nível de conhecimento	Antes (n)	Antes (%)	Após (n)	Após (%)
Nenhum	6	13,6	0	0,0
Pouco	22	50,0	2	4,5
Razoável	12	27,3	14	31,8
Bastante	4	9,1	28	63,6
Total	44	100,0	44	100,0

Fonte: Autores (2026)

O contraste com outras investigações ajuda a qualificar esse dado. Silva et al. (2023), ao consultarem 134 graduandos de engenharia de uma universidade privada de São Luís (MA), incluindo estudantes de Engenharia da Computação, verificaram que todos já haviam tido contato com a educação ambiental e que 70,6% o tiveram no ensino superior. Contato, porém, não equivale a domínio, e a baixa autoavaliação inicial observada aqui sugere que a presença formal do tema no percurso escolar não se converteu em conhecimento percebido como sólido. Após a disciplina, o quadro se inverteu: 63,6% passaram a declarar conhecimento elevado, 31,8% razoável e apenas 4,5% pouco, sem nenhum registro na categoria inferior. A distribuição, apresentada no Gráfico 1, aproxima-se do movimento observado por Morozesk e Coelho (2016), cujos participantes mais que dobraram a compreensão sobre o descarte de eletrônicos após uma intervenção de base CTS, ainda que em outro nível de ensino e com instrumentos distintos.

Gráfico 1. Autoavaliação do conhecimento sobre temas ambientais antes e após a disciplina (%)



Fonte: Autores (2026)

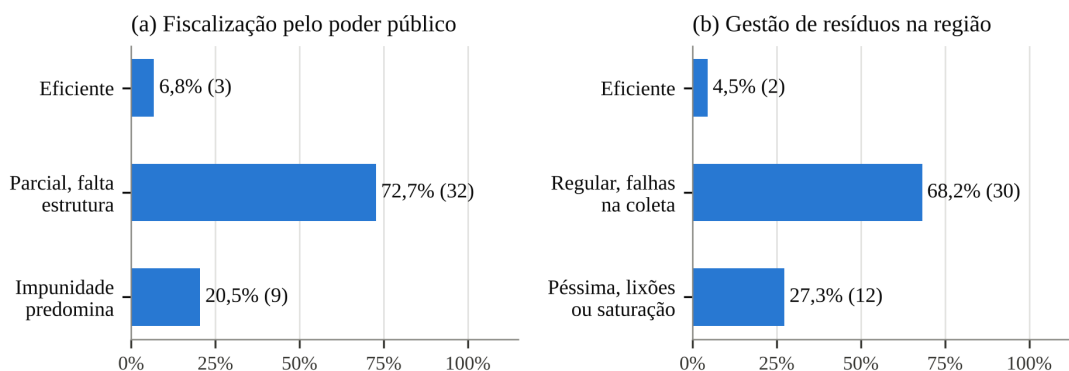
Interpretar esse avanço, contudo, exige cautela metodológica. Por se tratar de autoavaliação, os dados expressam percepção de aprendizagem, e não aprendizagem aferida por instrumento de desempenho. Howard (1980) sustenta que o pré-teste retrospectivo reduz o viés de mudança de referência; ainda assim, por depender da memória e do julgamento do próprio respondente, o procedimento permanece sujeito a efeitos de desejabilidade social, limite que precisa ser considerado na leitura dos resultados. Mesmo com essa ressalva, a mudança de patamar tem significado pedagógico. Sob a perspectiva de Santos (2007), importa menos a quantidade de conceitos retidos do que a capacidade de mobilizá-los em situações sociais concretas, aspecto que as questões seguintes permitem examinar com mais precisão, pois tratam da aplicação do conhecimento à leitura das instituições, do mercado e da própria atuação profissional.

4.2. Fiscalização Ambiental e Gestão de Resíduos

Questionados sobre a atuação do poder público no monitoramento, na fiscalização e na punição de infrações ambientais, 72,7% dos

estudantes responderam que ela ocorre apenas parcialmente, por falta de estrutura institucional, e 20,5% afirmaram que a impunidade predomina. Somente 6,8% consideraram a fiscalização eficiente. A soma de 93,2% de respostas críticas indica uma leitura que não confunde a existência da lei com sua efetividade, distinção que Jacobi (2003) associa ao exercício da cidadania ambiental. Essa percepção encontra respaldo em evidências empíricas. Schmitt (2015), ao analisar 11.823 autos de infração lavrados pelo Ibama contra a flora na Amazônia entre 2008 e 2013, constatou que apenas 24% dos casos resultaram em responsabilização administrativa e que o valor efetivamente arrecadado correspondeu a 0,2% do total das multas aplicadas. Segundo o autor, a efetividade da fiscalização é baixa e circunstancial, o que mantém o desmatamento ilegal economicamente vantajoso. Vale notar que a maioria dos estudantes escolheu a alternativa intermediária, e não a negação completa da atuação estatal. Essa escolha se aproxima da realidade documentada, pois as fragilidades descritas por Schmitt (2015) concentram-se nas etapas de julgamento e de cobrança das sanções, e não na ausência de fiscalização. Em relação à gestão de resíduos em suas regiões, 68,2% a consideraram regular, com falhas na coleta seletiva e na reciclagem, 27,3% a classificaram como péssima e apenas 4,5% a julgaram eficiente, como mostra o Gráfico 2. O panorama nacional confirma o diagnóstico dos estudantes, uma vez que 41,5% dos resíduos sólidos urbanos tiveram destinação inadequada em 2023 (Abrema, 2024).

Gráfico 2. Percepção sobre a fiscalização ambiental e a gestão de resíduos (%)



Fonte: Autores (2026)

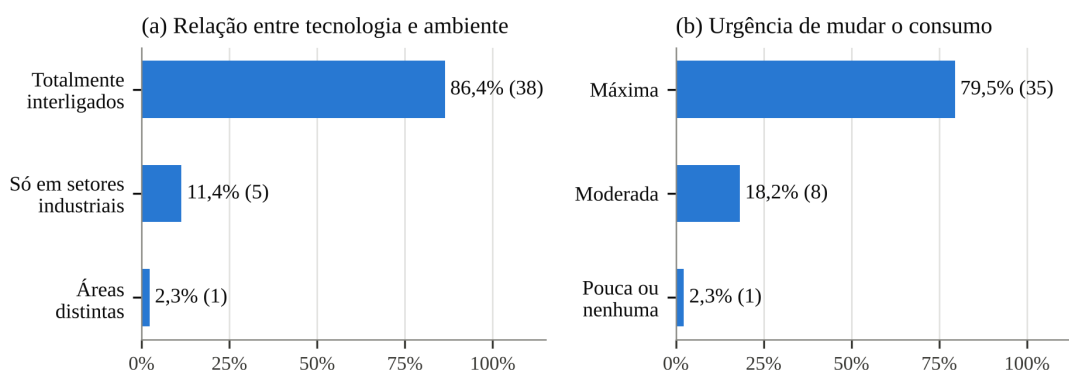
Para futuros profissionais de redes, a crítica à gestão de resíduos tem uma dimensão específica. Equipamentos de rede e de informática substituídos com frequência integram o fluxo de resíduos eletroeletrônicos, cuja logística reversa só foi regulamentada em 2020 (Brasil, 2020). Nas Américas, a coleta documentada desses resíduos corresponde a menos de um terço do volume gerado por habitante (Baldé et al., 2024), dado com implicações diretas para a prática desses futuros profissionais. Relacionar a crise na disposição de rejeitos ao modelo linear de produção e consumo de tecnologias corresponde ao que Auler (2003) descreve como superação da perspectiva salvacionista: a tecnologia deixa de ser vista apenas como solução e passa a ser reconhecida também como origem de problemas que exigem regulação e escolhas coletivas. Essa leitura prepara o terreno para a questão seguinte, que trata diretamente da relação entre tecnologia e ambiente.

4.3. Tecnologia, Ambiente e Urgência da Mudança

Integralmente reconhecida por 86,4% dos estudantes, a interdependência entre meio ambiente e tecnologia foi compreendida como relação em que a técnica é, ao mesmo tempo, vetor de impactos e fonte de mitigação. Outros 11,4% admitiram vínculo apenas em setores industriais específicos, e um estudante (2,3%) considerou as áreas distintas. O resultado converge com o

núcleo da abordagem CTSA, que recusa a separação entre desenvolvimento técnico e consequências sociais e ecológicas (Auler, 2003). Essa dupla condição tem expressão concreta na área de redes. Murugesan (2008) mostra que a mesma infraestrutura que consome energia e gera resíduos pode servir à eficiência, por meio de virtualização, gerenciamento de energia e monitoramento remoto. Ao mesmo tempo, a projeção de que o consumo dos data centers mais que dobre até 2030 (IEA, 2025) indica que ganhos de eficiência isolados não garantem redução absoluta do impacto, tensão que um olhar crítico não pode ignorar. Merecem atenção os 11,4% que restringiram a relação a setores industriais. Essa resposta sugere que parte dos estudantes ainda associa o impacto ambiental à chaminé da fábrica, e não ao serviço digital aparentemente imaterial. Santos (2007) lembra que o letramento científico se constrói pela problematização de situações próximas da experiência dos sujeitos, o que recomenda explorar com mais ênfase, na própria disciplina, exemplos ligados à infraestrutura de redes.

Gráfico 3. Relação entre tecnologia e ambiente e urgência de mudança nos padrões de consumo (%)



Fonte: Autores (2026)

Quanto à urgência de alterar os padrões de consumo diante das mudanças climáticas, da perda de biodiversidade e da poluição, 79,5% indicaram urgência máxima, 18,2% urgência moderada e 2,3%

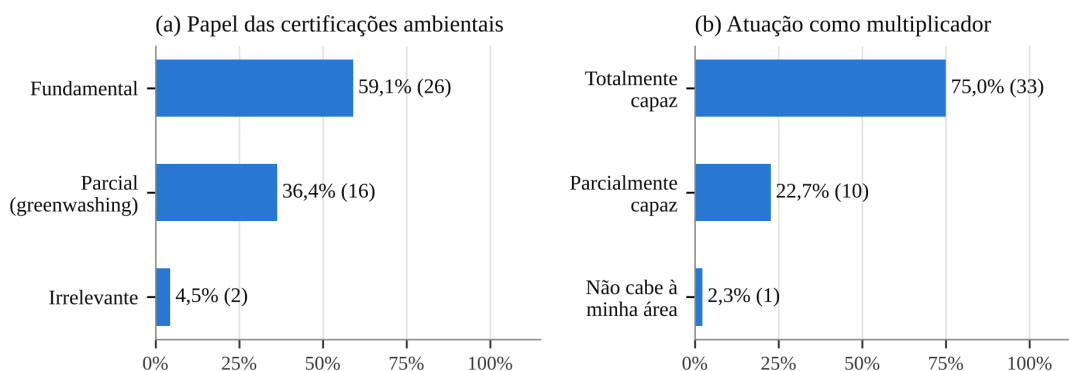
pouca ou nenhuma urgência. Em levantamento com a população brasileira, 94% dos entrevistados afirmaram acreditar que o aquecimento global está acontecendo, mas apenas 52% se declararam muito preocupados com o problema (ITS Rio, 2023). Embora os instrumentos não sejam equivalentes, a proporção de urgência máxima entre os estudantes supera a de forte preocupação na população geral. Sentir urgência, porém, não determina a direção da resposta. Na leitura de Layrargues e Lima (2014), a vertente pragmática tende a converter a crise em demanda por consumo verde e inovação tecnológica, sem questionar o volume de produção e descarte, ao passo que a vertente crítica interroga o próprio padrão de desenvolvimento. O questionário não permite distinguir qual dessas orientações predomina entre os estudantes, lacuna que estudos qualitativos poderiam explorar. Em síntese, os estudantes reconhecem a interdependência entre tecnologia e ambiente e atribuem gravidade aos problemas globais, em consonância com o objetivo da PNEA de desenvolver uma compreensão integrada do meio ambiente (Brasil, 1999). Resta saber como essa compreensão se traduz na avaliação das empresas e da própria atuação profissional, aspecto discutido a seguir.

4.4. Gestão Ambiental Corporativa e Compromisso Profissional

Sobre o papel das empresas que adotam programas e certificações ambientais, como ISO 14001, selos verdes, práticas ESG e Produção Mais Limpa, 59,1% dos estudantes os consideraram fundamentais para a ecoeficiência e a redução de danos, 36,4% os entenderam como parciais, frequentemente usados como estratégia de marketing, e 4,5% os julgaram irrelevantes. A avaliação majoritariamente positiva encontra apoio no estudo de Oliveira, Serra e Salgado (2010), que, ao investigar 69 empresas brasileiras

certificadas, identificaram ganhos como ações ambientais preventivas e redução no consumo de energia, água, gás e óleo combustível. Esses mesmos autores, entretanto, registraram dificuldades ligadas aos custos de implantação e às frequentes mudanças na legislação ambiental brasileira (Oliveira; Serra; Salgado, 2010), o que indica que a certificação não opera em condições ideais. Já a parcela de 36,4% que manifestou ceticismo dialoga com o conceito de greenwashing, definido por Delmas e Burbano (2011) como a combinação entre desempenho ambiental fraco e comunicação positiva sobre esse desempenho. Um ponto do estudo de Delmas e Burbano (2011) permite relacionar duas respostas do questionário. Os autores apontam a regulação frouxa e incerta como um dos principais fatores que favorecem o greenwashing, já que a baixa probabilidade de punição reduz o custo de comunicar mais do que se pratica. Os estudantes que desconfiam das certificações e os que denunciam a fragilidade da fiscalização expressam, por caminhos diferentes, a mesma percepção sobre a assimetria entre discurso e controle. Convém observar, ainda, que a adesão às ferramentas de gestão ambiental pode refletir a afinidade dos cursos tecnológicos com a macrotendência pragmática, centrada em eficiência e soluções de mercado (Layrargues; Lima, 2014). Como a ecoeficiência produz ganhos reais, o resultado não é negativo em si, mas a convivência entre maioria favorável e minoria cética indica um debate que a disciplina abriu sem encerrar.

Gráfico 4. Avaliação das práticas ambientais corporativas e da capacidade de atuação como multiplicador (%)



Fonte: Autores (2026)

Na última questão, 75,0% dos estudantes se declararam totalmente capazes de cumprir, praticar e disseminar as diretrizes da educação ambiental na atuação profissional e na comunidade, 22,7% se consideraram parcialmente capazes, por dificuldade de atuar como multiplicadores sociais, e 2,3% atribuíram a responsabilidade ambiental exclusivamente a órgãos especializados. Esse perfil se aproxima do que a PNEA define como finalidade da educação ambiental, ao articular conhecimentos, atitudes e competências (Brasil, 1999). Declarar capacidade, contudo, não é o mesmo que agir. Kollmuss e Agyeman (2002) analisam a distância entre conhecimento ambiental, consciência e comportamento pró-ambiental e mostram que fatores externos, como infraestrutura e condições econômicas, e fatores internos, como hábitos e motivações, interferem na passagem da intenção à prática. Os 22,7% que relataram capacidade apenas parcial parecem reconhecer exatamente essa distância, sobretudo no que se refere à atuação comunitária. Esse grupo sinaliza um ponto de atenção para o planejamento curricular. Jacobi (2003) associa a educação ambiental à formação para a participação e a corresponsabilidade, competências que dependem de prática e não se esgotam em uma disciplina de 40 horas. A continuidade do tema em outros componentes do curso, como prevê a orientação transversal das diretrizes nacionais (Brasil, 2012), poderia converter a disposição

declarada em experiência concreta de intervenção. No conjunto, os resultados descrevem estudantes que reconhecem o vínculo entre tecnologia e ambiente, avaliam criticamente a ação do Estado e do mercado e se dispõem a assumir responsabilidades profissionais e cidadãs. Essa combinação se aproxima da alfabetização científico-tecnológica ampliada defendida por Auler (2003), embora os dados autodeclarados e a ausência de grupo de comparação limitem o alcance das inferências.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou a percepção ambiental de 44 estudantes do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores após a disciplina Tecnologia e Meio Ambiente. Os resultados indicam deslocamento expressivo na autoavaliação do conhecimento: a proporção dos que declararam conhecer bastante os temas ambientais passou de 9,1% para 63,6%. Também revelam uma leitura crítica sobre a fiscalização pública e a gestão de resíduos, coerente com a realidade enfrentada pelos municípios brasileiros na destinação de seus rejeitos. Na percepção dos estudantes, foi possível reconhecer elementos centrais da abordagem CTSA, como a recusa da neutralidade da técnica e a compreensão da tecnologia ao mesmo tempo como fonte de impactos e de soluções. Na área de redes, essa compreensão ganha relevância diante do crescimento do consumo energético da infraestrutura digital e do volume cada vez maior de resíduos eletroeletrônicos descartados, muitos deles sem destinação adequada. Parte dos estudantes desconfia das certificações corporativas e associa essa desconfiança à fragilidade da fiscalização, o que revela um olhar que ultrapassa a adesão acrítica às soluções de mercado. Ao mesmo tempo, a predominância de avaliações favoráveis às ferramentas de gestão ambiental sugere

que a tensão entre as vertentes pragmática e crítica da educação ambiental permanece aberta na formação tecnológica. Entre as limitações do estudo estão a natureza autodeclarada dos dados, o uso de pré-teste retrospectivo, cuja validade depende do julgamento do próprio respondente, a ausência de grupo de comparação e o recorte em uma única turma e instituição, fatores que impedem generalizações. Pesquisas futuras poderiam combinar instrumentos de desempenho, entrevistas e acompanhamento de egressos. Assim seria possível verificar em que medida a disposição declarada se converte em práticas profissionais, como a especificação de equipamentos eficientes e o encaminhamento adequado de resíduos eletroeletrônicos. Dessa forma, os resultados reforçam que a dimensão ambiental na formação de tecnólogos em redes não é um tema acessório. Formar profissionais capazes de relacionar decisões técnicas a consequências sociais e ecológicas atende à finalidade da educação ambiental prevista na legislação brasileira. Também contribui para que a infraestrutura digital seja pensada a partir de seus limites ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024**. São Paulo: Abrema, 2024.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 69-83, 2003.

BALDÉ, C. P. et al. **The global e-waste monitor 2024**. Geneva; Bonn: International Telecommunication Union; United Nations Institute for Training and Research, 2024.

BRASIL. **Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020**. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa obrigatória de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 13 fev. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP nº 2, de 15 de junho de 2012**. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 jun. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016**. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 maio 2016.

DELMAS, M. A.; BURBANO, V. C. The drivers of greenwashing. **California Management Review**, Berkeley, v. 54, n. 1, p. 64-87, 2011.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2004.

FERREIRA, F. W. F. A importância do letramento científico na educação. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 8, p. 347-356, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v10i8.15096>. Acesso em: 10 ago. 2026.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

HOWARD, G. S. Response-shift bias: a problem in evaluating interventions with pre/post self-reports. **Evaluation Review**, Beverly Hills, v. 4, n. 1, p. 93-106, 1980.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA E SOCIEDADE DO RIO (ITS RIO); YALE PROGRAM ON CLIMATE CHANGE COMMUNICATION. **Mudança climática na percepção dos brasileiros e americanos: um relatório comparativo**. Rio de Janeiro: ITS Rio, 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy and AI**. Paris: IEA, 2025.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, p. 189-205, mar. 2003.

KOLLMUSS, A.; AGYEMAN, J. Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental

behavior? **Environmental Education Research**, London, v. 8, n. 3, p. 239-260, 2002.

LAYRARGUES, P. P.; LIMA, G. F. C. As macrotendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 23-40, jan./mar. 2014.

MACIEL, M. D. Alfabetização científica e tecnológica sob o enfoque da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): implicações para o currículo, o ensino e a formação de professores. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 152-160, 2012. Disponível em: <https://cruzeirodusul.edu.br>. Acesso em: 10 ago. 2026.

MOROZESK, M.; COELHO, G. R. Lixo eletrônico “uso e descarte”: uma proposta de intervenção em uma escola pública de Vitória-ES. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p. 317-338, 2016.

MURUGESAN, S. Harnessing green IT: principles and practices. **IT Professional**, Los Alamitos, v. 10, n. 1, p. 24-33, 2008.

OLIVEIRA, O. J.; SERRA, J. R.; SALGADO, M. H. Does ISO 14001 work in Brazil? **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 18, n. 18, p. 1797-1806, 2010.

OLIVEIRA, T. M. R.; AMARAL, C. L. C. Estudo de caso sobre a educação ambiental em escolas estaduais paulistas. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 17, n. 51, p. 110-125, 2024. Disponível em: <https://iacc.org.br>. Acesso em: 12 set. 2026.

SANTOS, F. R.; AMARAL, C. L. C. Gerenciamento dos resíduos químicos nos laboratórios didáticos. In: FRENEDOZO, R. C.; AMARAL,

C. L. C. (org.). **Educação Ambiental: Olhares Múltiplos**. 1. ed. Boa Vista: Editora IOLE, 2024. v. 1, cap. 7, p. 97-112.

SANTOS, F. R.; AMARAL, C. L. C. Temas ambientais e contextualização no ensino de Química: metodologias, recursos e indicadores. **Revista OWL (OWL Journal)**, v. 4, p. 1-21, 2026. Disponível em: <https://revistaowl.com.br>. Acesso em: 12 set. 2026.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-492, 2007.

SCHMITT, J. **Crime sem castigo: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia**. 2015. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.

SILVA, L. et al. Percepção ambiental de graduandos em engenharias sobre a relevância da educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 18, n. 5, p. 445-454, 2023.

¹ Doutor em Ensino de Ciências e Matemática (Universidade Cruzeiro do Sul) - Professor (Faculdade de Tecnologia de São Paulo).

E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0854370950813276>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0664-8193>.

² Doutora em Química Orgânica (Universidade de São Paulo) - Professora do Programa de Pós graduação em Ensino de Ciências e Matemática. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/7715277135138074>. ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-6495-153X>.