



DADOS QUE EDUCAM, COMPETÊNCIAS QUE TRANSFORMAM: O PROGRAMA GLOBE NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6441

Autores: *COMPETÊNCIAS QUE TRANSFORMAM: O PROGRAMA GLOBE NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENAILE MARIA DE MORAES OLIVEIRA, MARIANA RODRIGUES DE ALMEIDA, ALINE BESSA VELOSO, JOCELY VITHOR FARIAS ALVES, INÊS MAUAD, JANAINÉ DE SOUSA PONTES, AMANDA DE MORAIS DA SILVA, SIDNEI PEREIRA OLIVEIRA*

Resumo:

A formação em engenharia enfrenta desafios crescentes para integrar sustentabilidade, análise de sistemas complexos e desenvolvimento de competências integradas. Entretanto, ainda são escassas as iniciativas que utilizam dados ambientais reais como recurso pedagógico. Este artigo propõe uma metodologia de integração dos protocolos do Programa GLOBE ao currículo da Engenharia de Produção, visando fortalecer competências técnicas, analíticas e socioambientais. A pesquisa, de caráter aplicado e abordagem qualitativa, baseou-se na análise documental da matriz curricular e na sistematização dos protocolos científicos do GLOBE. A metodologia incluiu o mapeamento das disciplinas com aderência às variáveis ambientais e a construção de uma matriz de integração entre conteúdos acadêmicos e dados dos protocolos. Os resultados indicam que a proposta amplia as possibilidades de ensino, conecta aprendizagem a desafios da sustentabilidade e reforça a educação por meio da ciência cidadã.

Palavras-chave: Ciência Cidadã, Desenvolvimento de Competências, Educação em Engenharia

DADOS QUE EDUCAM, COMPETÊNCIAS QUE TRANSFORMAM: O PROGRAMA GLOBE NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A formação dos engenheiros no século XXI enfrenta desafios que extrapolam a mera aplicação de conhecimentos técnicos. A crescente complexidade dos sistemas produtivos, associada às pressões por sustentabilidade, às transformações digitais e às exigências de uma sociedade mais consciente ambientalmente, impõe às instituições de ensino uma profunda reestruturação de seus modelos formativos. Essa necessidade é reforçada por movimentos globais que reconhecem que os profissionais da engenharia precisam ser capazes de compreender e atuar em sistemas interdependentes, dinâmicos e sensíveis às variáveis ambientais e sociais (SACHS, 2011; WALSH; CORCORAN, 2012; MORIN, 2018).

No Brasil, essa transformação é formalizada pelas Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia (BRASIL, 2019; 2021), que reposicionam o desenvolvimento de competências como eixo central da formação. As DCNs exigem que os cursos articulem conteúdos técnicos, científicos, sociais e ambientais, promovendo uma educação que prepare os futuros engenheiros para atuar com visão crítica, pensamento sistêmico, compromisso ético e capacidade de inovar frente aos desafios contemporâneos. Essa diretriz representa, por si só, um avanço conceitual importante, alinhando a formação de engenheiros às demandas do século XXI e às agendas globais de desenvolvimento sustentável.

Apesar dos avanços normativos e da crescente disseminação de metodologias ativas no ensino da engenharia (BACICH; MORAN, 2017; RUFINO *et al.*, 2024), observa-se uma lacuna significativa na operacionalização prática dessas diretrizes, especialmente no que se refere à integração de dados ambientais reais no processo de ensino-aprendizagem. Como destacam Tonini (2023), Tonini e Pereira (2024) e Ferreira *et al.* (2024), muitos cursos ainda mantêm estruturas curriculares e metodológicas centradas na fragmentação dos saberes, na transmissão de conteúdos descontextualizados e na baixa articulação entre teoria e prática, o que limita o desenvolvimento de competências socioambientais e sistêmicas.

Essa lacuna torna-se ainda mais evidente quando se observa a tímida adoção de práticas pedagógicas que articulem os conteúdos da engenharia à dinâmica dos sistemas ambientais e às necessidades da sustentabilidade. Embora algumas experiências pontuais incorporem discussões sobre desenvolvimento sustentável e impactos ambientais, poucas utilizam efetivamente dados ambientais reais como insumo para projetos, análises e simulações dentro do ambiente acadêmico. Esse distanciamento compromete a formação de profissionais capazes de compreender os impactos dos processos produtivos sobre os ecossistemas e de propor soluções inovadoras e sustentáveis.

Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo propor uma metodologia de integração dos protocolos do Programa GLOBE aos núcleos curriculares do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), de forma a fortalecer o desenvolvimento de competências técnicas, analíticas, socioambientais e sistêmicas. A proposta busca contribuir para a superação da lacuna identificada, ao

operacionalizar o uso de dados ambientais reais como recurso pedagógico, alinhando a formação acadêmica às diretrizes da sustentabilidade, da ciência cidadã e das demandas contemporâneas da prática profissional na engenharia.

O artigo está organizado em quatro seções, além desta introdução. A segunda seção apresenta o referencial teórico, que discute os fundamentos sobre educação em engenharia, desenvolvimento de competências, ciência cidadã e os protocolos do Programa GLOBE. A terceira seção descreve os procedimentos metodológicos adotados, incluindo a análise da matriz curricular do curso e dos protocolos ambientais. Na quarta seção, são apresentados os resultados e discussões, destacando a matriz de integração proposta e suas aplicações pedagógicas. Por fim, a quinta seção traz as considerações finais, ressaltando as contribuições do estudo, suas limitações e possibilidades para futuras pesquisas e aprimoramento da prática pedagógica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Educação em Engenharia e Desenvolvimento de Competências

A formação em engenharia, nas últimas décadas, tem se deslocado progressivamente de uma lógica centrada na transmissão de conteúdos para uma abordagem fundamentada no desenvolvimento de competências. Essa mudança responde diretamente às demandas de um cenário produtivo cada vez mais complexo, interdependente e desafiador (SACHS, 2011; MORIN, 2018). Nesse contexto, as Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia (BRASIL, 2019; BRASIL, 2021) configuram um marco normativo relevante, ao reposicionar a centralidade da formação não apenas no domínio de conteúdos, mas na capacidade dos futuros engenheiros de analisar criticamente, resolver problemas, inovar, atuar com ética e incorporar a sustentabilidade em sua prática profissional.

No entendimento de Tonini (2023) e Tonini e Pereira (2024), desenvolver competências na formação em engenharia implica muito mais do que assegurar o domínio de saberes técnicos. É preparar profissionais capazes de integrar dimensões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais, respondendo aos desafios contemporâneos da indústria, da sociedade e do meio ambiente. Ferreira *et al.* (2024) reforçam essa perspectiva ao argumentar que os desafios educacionais da engenharia são, ao mesmo tempo, epistemológicos e metodológicos, exigindo currículos que articulem teoria e prática, dados e contexto, raciocínio lógico e pensamento sistêmico.

Dentro desse panorama, torna-se indispensável a adoção de metodologias que favoreçam não apenas a construção de competências técnicas, mas também o desenvolvimento de habilidades analíticas, socioambientais e sistêmicas. Bacich e Moran (2017) sustentam que metodologias ativas são caminhos efetivos para esse avanço, pois mobilizam os estudantes como protagonistas, estimulando a resolução de problemas reais, a análise crítica e a tomada de decisão baseada em dados. A esse entendimento somam-se os estudos de Jaroenkhasemmesuk *et al.* (2023) e Oostrom (2023), que evidenciam, na prática, os impactos positivos da aprendizagem ativa no desenvolvimento de competências tanto cognitivas quanto socioemocionais no ensino de engenharia.

Portanto, a educação em engenharia consolida-se como um espaço formativo que precisa ir além da técnica e do domínio instrumental. Formar engenheiros, na atualidade, significa prepará-los para compreender a interdependência entre processos produtivos, impactos socioambientais e variáveis econômicas. Para isso, os currículos devem ser organizados de modo a promover o pensamento sistêmico, a integração de dados, a análise crítica de cenários complexos e a elaboração de soluções inovadoras,

sustentáveis e tecnicamente viáveis (MAHESWARAN, 2023; OLIVEIRA; SILVA; STANZANI, 2023; SILVA; SILVA, 2024).

2.2 Ciência cidadã como estratégia didática e técnica

No cenário educacional contemporâneo, a ciência cidadã tem emergido como uma estratégia potente tanto do ponto de vista didático quanto técnico, sobretudo em processos formativos que buscam alinhar a prática educativa às demandas por sustentabilidade, inovação e desenvolvimento de competências socioambientais. Essa abordagem rompe com modelos tradicionais de ensino, ao integrar os estudantes em processos de investigação científica aplicada, mobilizando-os como produtores ativos de dados, conhecimento e soluções (WALS; CORCORAN, 2012; OLIVEIRA; SILVA; STANZANI, 2023).

Conforme Müller *et al.* (2025), a ciência cidadã não apenas promove o engajamento dos alunos com problemas reais, mas também potencializa o desenvolvimento de habilidades relacionadas à coleta, análise e interpretação de dados, favorecendo a construção de um raciocínio científico robusto. Esse processo, segundo Maheswaran (2023), fortalece competências cruciais para a engenharia contemporânea, como a capacidade de correlacionar variáveis ambientais, técnicas e operacionais, além de desenvolver pensamento crítico, autonomia e habilidades colaborativas – elementos indispensáveis na indústria 4.0 e na transição para modelos produtivos sustentáveis.

A utilização da ciência cidadã como recurso didático na educação em engenharia dialoga diretamente com o conceito de metodologias ativas, defendido por Bacich e Moran (2017) e Rufino *et al.* (2024), que apontam sua eficácia na promoção de uma aprendizagem centrada no aluno, por meio da resolução de problemas, da análise de dados empíricos e da conexão com desafios do mundo real. Jaroenphasemmesuk *et al.* (2023) e Oostrom (2023) reforçam esse entendimento ao evidenciarem, em estudos de caso, como a aprendizagem ativa combinada à ciência cidadã desenvolve não apenas competências técnicas, mas também socioemocionais, como comunicação, trabalho em equipe e responsabilidade social.

Esse alinhamento teórico-metodológico torna a ciência cidadã particularmente relevante para o ensino da Engenharia de Produção, uma vez que os estudantes não apenas aprendem conceitos, mas vivenciam práticas que envolvem diagnóstico de cenários, monitoramento de variáveis ambientais e avaliação dos impactos produtivos sobre o meio ambiente. Como defendem Sachs (2011) e Morin (2018), essa integração entre ciência, prática e contexto é essencial para a formação de profissionais capazes de atuar em sistemas complexos, propondo soluções sustentáveis, inovadoras e socialmente responsáveis.

2.3 O Programa GLOBE e seus protocolos

O Programa GLOBE (*Global Learning and Observations to Benefit the Environment*) surgiu em 1995 como uma iniciativa internacional de educação e ciência cidadã, promovida originalmente pelo governo dos Estados Unidos, com o objetivo de envolver estudantes, professores e cientistas na coleta e análise de dados ambientais em escala global (HOUSE, 1998; GLOBE PROGRAM, 2025). Sua proposta central está ancorada na ideia de que a educação científica, quando associada à observação ambiental e à geração de dados, fortalece tanto a compreensão dos processos naturais quanto o desenvolvimento de competências técnicas, analíticas e socioambientais nos participantes.

O programa organiza suas atividades em cinco esferas – Atmosfera, Hidrosfera, Pedosfera, Biosfera e Terra como um Sistema –, cada uma composta por um conjunto específico de protocolos científicos. Esses protocolos são metodologias padronizadas de coleta e análise de dados, que permitem aos participantes monitorar variáveis como temperatura, umidade, pH da água, textura do solo, biomassa, entre outros. Tal estrutura não apenas garante a comparabilidade dos dados globalmente, como também oferece uma poderosa ferramenta didática, capaz de conectar conteúdos acadêmicos à realidade ambiental local (HOUSE, 1998; GLOBE PROGRAM, 2025).

Quadro 1 - Esferas do Programa GLOBE e seus Protocolos.

ESFERA	PROTOCOLOS
Atmosfera	Temperatura do ar, pressão barométrica, umidade relativa, precipitação, direção e velocidade do vento, cobertura de nuvens, vapor d'água, radiação solar, aerossóis.
Hidrosfera	Temperatura da água, pH da água, condutividade, oxigênio dissolvido, transparência (turbidez), salinidade, alcalinidade, nitratos, fosfatos, macroinvertebrados aquáticos.
Pedosfera (Solo)	Textura do solo, umidade do solo, densidade aparente, temperatura do solo, pH do solo, condutividade elétrica do solo, infiltração, caracterização do solo, densidade das partículas do solo, distribuição do tamanho das partículas.
Biosfera	Biometria de árvores (incluindo altura), ciclo do carbono, fenologia (green-up e green-down), classificação da cobertura do solo (land cover), combustível de incêndios, jardins fenológicos, migração de aves árticas.
Terra como um Sistema	Integração dos dados das esferas Atmosfera, Hidrosfera, Pedosfera e Biosfera; análise das interdependências dos sistemas terrestres; avaliação de impactos cruzados; observação de padrões e tendências ambientais.

Fonte: Adaptado de GLOBE Program (2025).

Do ponto de vista pedagógico, a utilização dos protocolos do GLOBE no ensino da engenharia permite transpor os limites da sala de aula tradicional, oferecendo aos estudantes a oportunidade de atuar como agentes ativos na produção de dados e no monitoramento de variáveis ambientais diretamente associadas aos sistemas produtivos. Como defendem Sachs (2011) e Morin (2018), essa integração entre conhecimento científico, prática local e análise sistêmica fortalece a formação de profissionais capazes de compreender e intervir em realidades complexas. Além disso, a metodologia do GLOBE está alinhada às Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia (BRASIL, 2019; BRASIL, 2021), na medida em que promove o desenvolvimento de competências técnicas, analíticas, socioambientais e sistêmicas, essenciais para enfrentar os desafios da indústria contemporânea e das transições ecológicas globais.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa, com caráter descritivo e exploratório. Seu objetivo central é propor uma metodologia de integração entre os protocolos do Programa GLOBE e os núcleos curriculares do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Rondônia (UNIR, 2024). A escolha metodológica fundamenta-se na análise documental da matriz curricular do curso e dos protocolos científicos do Programa GLOBE (GLOBE PROGRAM, 2025), com foco na identificação de aderências conceituais, operacionais e pedagógicas entre esses elementos.

O primeiro passo consistiu na análise da matriz curricular, estruturada em quatro núcleos formativos: Formação Básica, Formação Profissional Específica, Formação Complementar e Optativas (Quadro 2). Essa organização reflete a proposta pedagógica do curso, distribuindo as disciplinas de modo a desenvolver competências técnicas, analíticas, socioambientais e sistêmicas, em consonância com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia (BRASIL, 2019; 2021).

Quadro 2 - Organização da Matriz Curricular do Curso de Engenharia de Produção.

NÚCLEO CURRICULAR	DISCIPLINAS
Básica	Álgebra Linear e Geometria, Comunicação Técnica e Corporativa, Desenho Técnico e Universal, Fundamentos da Tecnologia da Informação, Metodologia Científica e Tecnológica, Química Geral e Experimental, Cálculo I, Economia, Estatística I, Física I – Mecânica, Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania, Algoritmos e Lógica de Programação, Cálculo II, Cálculo Numérico, Estatística II, Física II – Fluidos e Termodinâmica, Cálculo III, Ciência do Ambiente e Sustentabilidade, Física III – Eletromagnetismo, Química Tecnológica, Resistência dos Materiais, Eletricidade Aplicada, Fenômenos de Transporte, Introdução à Ciência e Tecnologia dos Materiais.
Profissional	Sistemas de Produção, Teoria das Organizações, Gestão da Higiene e Segurança do Trabalho, Ergonomia, Gestão da Informação, Educação em Engenharia de Produção, Gestão da Qualidade, Gestão Estratégica, Pesquisa Operacional I, Sistemas de Informação, Automação da Produção, Controle Estatístico da Qualidade, Engenharia de Métodos, Gestão de Custos, Pesquisa Operacional II, Planejamento e Controle da Produção I, Simulação de Sistemas de Produção, Gestão Ambiental, Gestão da Manutenção, Logística e Gestão da Cadeia de Suprimentos, Planejamento e Controle da Produção II, Engenharia da Sustentabilidade, Gestão da Inovação, Gestão do Conhecimento e da Tecnologia, Metrologia, Processos Agroindustriais, Processos Industriais, Engenharia Econômica, Projeto de Instalações Industriais, Projeto e Desenvolvimento de Produto, Projeto e Organização do Trabalho, Estágio Supervisionado, Projeto Final de Curso.
Específico	Atividades Curriculares de Extensão I (ACEX I), Atividades Curriculares de Extensão II (ACEX II), Atividades Curriculares de Extensão III (ACEX III), Atividades Curriculares de Extensão IV (ACEX IV), Atividades Curriculares de Extensão V (ACEX V).
Optativos	Economia Industrial, Economia e Mercado, Gestão de Projetos, Gestão do Desempenho Organizacional, Gestão de Resíduos e Efluentes Industriais, Administração Mercadológica e Marketing, Inteligência Computacional, Introdução à Valorização da Vida, Implantação da Produção e Serviços, Libras (Língua Brasileira de Sinais).

Fonte: Dados do Projeto Pedagógico do Curso (UNIR, 2024).

Importante destacar que, para a construção da Matriz de Integração apresentada na próxima seção, foram consideradas exclusivamente as disciplinas que apresentam aderência direta aos temas e variáveis monitoradas pelos protocolos do Programa GLOBE. As disciplinas cuja natureza é estritamente teórica, matemática abstrata, econômica ou administrativa, sem conexão direta com variáveis ambientais ou sistêmicas, não foram incluídas nesta análise cruzada.

O segundo procedimento metodológico envolveu a sistematização dos protocolos do Programa GLOBE, agrupados nas cinco esferas: Atmosfera, Hidrosfera, Pedosfera, Biosfera e Terra como um Sistema. Cada esfera contempla um conjunto de protocolos científicos que orientam a coleta, o monitoramento e a análise de variáveis ambientais.

A etapa final consistiu na realização de um cruzamento analítico entre os conteúdos programáticos das disciplinas selecionadas e os protocolos do Programa GLOBE. Este cruzamento teve como critérios:

- Aderência conceitual: correspondência entre os temas abordados nas disciplinas e as variáveis trabalhadas nos protocolos.
- Aplicabilidade técnica: viabilidade de utilização dos dados dos protocolos nas atividades pedagógicas, como estudos de caso, simulações, análises de processos e desenvolvimento de projetos.
- Contribuição para o desenvolvimento de competências: avaliação do potencial de cada protocolo para contribuir no desenvolvimento das competências previstas nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia (BRASIL, 2019; 2021) e no Projeto Pedagógico do Curso (UNIR, 2024).

O resultado desse processo encontra-se sintetizado na Tabela 1, apresentada na seção seguinte. A matriz não apenas identifica as correspondências entre esferas, protocolos e disciplinas, como também propõe possibilidades de aplicação pedagógica e desenvolvimento de competências, fortalecendo o alinhamento entre formação acadêmica, sustentabilidade e desenvolvimento de habilidades para atuação em sistemas produtivos complexos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da análise da matriz de integração dos protocolos do Programa GLOBE com os núcleos curriculares da Engenharia de Produção na Universidade Federal de Rondônia (UNIR, 2024) evidenciam não apenas uma aderência conceitual, mas também uma potencialidade concreta de transformação nas práticas formativas. Este movimento se ancora em uma concepção educacional que transcende modelos fragmentados e conteudistas, promovendo uma formação alinhada aos princípios do desenvolvimento sustentável (SACHS, 2011), do pensamento complexo (MORIN, 2018) e da aprendizagem voltada à sustentabilidade (WALS; CORCORAN, 2012).

A Tabela 1 sintetiza como os protocolos das esferas Atmosfera, Hidrosfera, Pedosfera, Biosfera e Terra como um Sistema dialogam diretamente com os componentes curriculares do curso. Este mapeamento não se limita à correspondência formal entre conteúdos, mas opera como um dispositivo metodológico que conecta dados ambientais às variáveis operacionais, permitindo que os alunos interpretem fenômenos produtivos de forma ampliada, contextualizada e integrada. Essa leitura é coerente com o que House (1998) e o GLOBE Program (2025) já defendiam ao posicionar a ciência cidadã como um vetor para desenvolvimento de competências aplicadas.

Tabela 1 - Matriz de integração dos protocolos com os núcleos curriculares.

NÚCLEO CURRICULAR	ESFERA E PROTOCOLOS	DISCIPLINAS ASSOCIADAS	APLICAÇÃO PEDAGÓGICA	COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS
Formação Básica	Atmosfera: Temperatura do ar, Pressão atmosférica, Direção e velocidade do vento, Umidade relativa.	Física I, Física II, Fenômenos de Transporte, Estatística	Analisar dados atmosféricos aplicados a processos térmicos e logísticos.	Avaliar como variáveis atmosféricas impactam processos produtivos, tomando decisões baseadas em dados para otimização, controle de riscos e desempenho operacional.

Continua

Continuação

NÚCLEO CURRICULAR	ESFERA E PROTOCOLOS	DISCIPLINAS ASSOCIADAS	APLICAÇÃO PEDAGÓGICA	COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS
Formação Profissional	Hidrosfera: pH da água, Condutividade elétrica, Transparência (turbidez), Temperatura da água.	Química Geral, Ciência do Ambiente, Estatística	Avaliar a qualidade da água em processos produtivos e análise de impacto ambiental.	Realizar controle de parâmetros físico-químicos da água, interpretando seus efeitos sobre processos produtivos, logística e sustentabilidade.
	Pedósfera: Textura do solo, Umidade do solo, Densidade aparente, Infiltração, pH do solo.	Ciência do Ambiente, Fenômenos de Transporte, Química	Avaliação das propriedades do solo aplicadas aos processos produtivos e armazenamento.	Interpretar dados do solo (textura, densidade, umidade) aplicados ao planejamento de processos produtivos, transporte e gestão sustentável de recursos.
	Biosfera: Biometria de árvores, Classificação da cobertura do solo, Fenologia (Green-up e Green-down).	Ciência do Ambiente, Sustentabilidade	Analisar dados sobre cobertura vegetal e biomassa para avaliar impactos ambientais.	Aplicar dados de biomassa, cobertura do solo e ciclos vegetativos na avaliação dos impactos e na promoção da sustentabilidade dos processos produtivos.
	Atmosfera: Temperatura do ar, Pressão atmosférica, Umidade relativa, Direção e velocidade do vento.	Ergonomia, Gestão da Produção, PCP	Avaliar variáveis atmosféricas em processos produtivos e condições de trabalho.	Tomar decisões considerando condições climáticas para gestão de processos produtivos e condições operacionais, visando conforto térmico, segurança e eficiência.
	Hidrosfera: pH da água, Condutividade elétrica, Oxigênio dissolvido, Transparência, Temperatura da água, Alcalinidade, Nitratos.	Gestão Ambiental, Processos Industriais, Gestão da Qualidade	Monitorar e avaliar a qualidade da água nos processos produtivos e de gestão ambiental.	Diagnosticar, interpretar e propor soluções relacionadas à gestão de recursos hídricos, garantindo sustentabilidade e eficiência nos processos industriais.
	Pedósfera: Textura do solo, Umidade do solo, Infiltração, Densidade aparente, pH do solo.	Logística, PCP, Processos Agroindustriais	Avaliação das características do solo para planejamento logístico e agroindustrial.	Planejar processos logísticos e produtivos baseados em dados sobre propriedades físicas do solo, contribuindo para sustentabilidade, escolha de insumos e rotas.
	Biosfera: Biometria de árvores, Classificação da cobertura do solo, Fenologia, Estimativa de carbono.	Engenharia Econômica, Desenvolvimento de Produto, Gestão Ambiental	Aplicação de dados biológicos e ambientais no desenvolvimento de produtos e avaliação de sustentabilidade.	Avaliar ciclos produtivos, biomassa e carbono para o desenvolvimento de produtos alinhados à sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica.

Continua

Continuação

NÚCLEO CURRICULAR	ESFERA E PROTOCOLOS	DISCIPLINAS ASSOCIADAS	APLICAÇÃO PEDAGÓGICA	COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS
Formação Específica	Terra como Sistema: Integração dos protocolos; Análise de séries temporais; Observação das inter-relações; Avaliação de impactos cruzados.	Projeto Final, Estágio, ASEX	Aplicar análises integradas das esferas ambientais na resolução de problemas reais de engenharia de produção.	Desenvolver visão sistêmica, integrando dados ambientais no planejamento, operação e melhoria de processos produtivos, propondo soluções sustentáveis, mitigando riscos e otimizando recursos.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de UNIR (2024) e GLOBE Program (2025).

Ao observar os dados organizados na matriz, torna-se evidente que o uso dos protocolos não se restringe à coleta ou análise ambiental isolada. Pelo contrário, eles atuam como catalisadores de raciocínio crítico e de modelagem operacional. Por exemplo, ao analisar como a umidade e a textura do solo impactam o transporte de cargas, os alunos da disciplina de Logística não estão apenas aplicando conceitos teóricos, mas compreendendo como a materialidade dos processos – frequentemente invisível em modelos tradicionais – interfere na viabilidade, nos custos e na eficiência das operações. Esse tipo de raciocínio está alinhado ao que Morin (2018) define como pensamento ecológico, no qual nenhuma variável pode ser tratada de forma isolada do sistema ao qual pertence.

Na mesma direção, as práticas realizadas nas disciplinas de Fenômenos de Transporte, Gestão Ambiental e Processos Industriais revelam como dados atmosféricos, hídricos e pedológicos podem ser diretamente integrados ao planejamento produtivo. A análise de como variações na temperatura ou na pressão atmosférica afetam o desempenho de sistemas térmicos, ou de como alterações no pH e na turbidez da água impactam processos industriais e conformidade ambiental, demonstra que a aplicação dos protocolos extrapola os limites da sala de aula, aproximando os estudantes da dinâmica dos sistemas produtivos reais (BACICH; MORAN, 2017; OLIVEIRA; SILVA; STANZANI, 2023).

Esse cenário também dialoga diretamente com as proposições de Tonini (2023) e Tonini e Pereira (2024), que argumentam que o desenvolvimento de competências na Engenharia precisa necessariamente incorporar habilidades analíticas, socioambientais e, sobretudo, sistêmicas. De forma convergente, Ferreira *et al.* (2024) reforçam que a dissociação entre formação técnica e compreensão dos impactos ambientais não é mais aceitável no contexto das demandas industriais contemporâneas, onde a resiliência, a sustentabilidade e a gestão de riscos são competências essenciais.

A síntese dessas competências, detalhada no Quadro 3, demonstra que não se trata apenas de formar profissionais capazes de interpretar dados, mas de preparar engenheiros aptos a tomar decisões baseadas na integração entre variáveis operacionais, ambientais e econômicas. Essa lógica, fundamentada no pensamento complexo (MORIN, 2018) e na educação para sustentabilidade (WALS; CORCORAN, 2012), posiciona o engenheiro de produção não como mero executor de processos, mas como agente capaz de promover inovações operacionais, otimização de recursos e mitigação de impactos socioambientais.

Quadro 3 - Desenvolvimento de competências com a aplicação dos protocolos do programa Globe na engenharia de produção.

EIXO DE COMPETÊNCIA	DESCRIÇÃO
Técnica	Capacidade de coletar, interpretar e aplicar dados ambientais (atmosféricos, hídricos, pedológicos e biológicos) na análise de processos produtivos, logísticos e operacionais, integrando variáveis ambientais à tomada de decisão técnica.
Analítica	Desenvolvimento de raciocínio crítico para correlação entre variáveis ambientais e produtivas, elaboração de diagnósticos, simulação de cenários e construção de modelos decisórios aplicados à melhoria de processos e à sustentabilidade operacional.
Socioambiental	Habilidade para avaliar impactos ambientais, propor soluções sustentáveis, gerenciar recursos naturais, mitigar riscos e desenvolver práticas alinhadas às exigências socioambientais contemporâneas, considerando eficiência, responsabilidade e ética.
Sistêmica	Capacidade de compreender e atuar sobre sistemas produtivos de forma integrada, analisando a interdependência entre fatores ambientais, econômicos e operacionais, desenvolvendo soluções que considerem múltiplas variáveis e escalas.
Tomada de Decisão Baseada em Dados	Competência para utilizar informações empíricas, provenientes dos protocolos do GLOBE, como suporte à gestão de riscos, planejamento estratégico, otimização de processos e desenvolvimento de soluções inovadoras, resilientes e sustentáveis.

Fonte: Elaborado pelos autores com base na análise da Tabela 1 (2025).

Contudo, é preciso reconhecer que este modelo enfrenta desafios relevantes. Maheswaran (2023) e Müller *et al.* (2025) alertam que a transição de uma lógica tradicional para uma abordagem integrada, baseada em dados reais e ciência cidadã, exige uma mudança estrutural que envolve desde a formação dos docentes até a reconfiguração dos tempos pedagógicos e das infraestruturas acadêmicas. Soma-se a isso o fato de que, embora a matriz demonstra aderência robusta em disciplinas com interface ambiental, produtiva e logística, sua aplicabilidade não se estende de forma linear às disciplinas de natureza puramente matemática, econômica ou voltada a modelos abstratos, o que requer adaptações metodológicas específicas.

Por outro lado, essas limitações não anulam, mas reforçam a necessidade de inovação. Como apontam Sachs (2011), Morin (2018) e Wals e Corcoran (2012), o fortalecimento de práticas pedagógicas orientadas à sustentabilidade e à integração sistêmica não é apenas uma opção metodológica, mas uma exigência imposta pelas crises climáticas, pelos desafios da indústria e pela crescente pressão por processos produtivos mais eficientes, resilientes e responsáveis. A adoção de tecnologias digitais, bancos de dados históricos, sensores remotos e inteligência de dados surge, assim, como caminho complementar, capaz de superar parte das limitações operacionais, sem comprometer a densidade formativa e a qualidade dos resultados.

Diante desse panorama, a integração dos protocolos do Programa GLOBE às práticas formativas na Engenharia de Produção não se apresenta como adendo ou atividade complementar, mas como eixo estruturante para a construção de competências que respondam às demandas contemporâneas. Esse modelo formativo redefine não apenas o papel do estudante – que deixa de ser receptor passivo de informações –, mas também ressignifica a prática docente, que passa a ser orientada à mediação de processos investigativos, à análise crítica e à construção de soluções técnicas sustentáveis e operacionais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como propósito propor uma metodologia de integração dos protocolos do Programa GLOBE aos núcleos curriculares do curso de Engenharia de

Produção da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), com o objetivo de fortalecer o desenvolvimento de competências técnicas, analíticas, socioambientais e sistêmicas, em consonância com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia (BRASIL, 2019; 2021) e com as demandas contemporâneas por sustentabilidade, inovação e desenvolvimento científico aplicado.

Os resultados obtidos demonstram que há uma aderência significativa entre os protocolos das esferas Atmosfera, Hidrosfera, Pedosfera, Biosfera e Terra como um Sistema e diversas disciplinas da matriz curricular. A construção da matriz de integração evidenciou que os dados gerados pelos protocolos do Programa GLOBE possuem alto potencial pedagógico, não apenas para o desenvolvimento de competências técnicas, como análise de variáveis e processos produtivos, mas, sobretudo, para a formação de profissionais capazes de compreender os impactos socioambientais das atividades produtivas e propor soluções inovadoras, sustentáveis e integradas.

A análise também permite afirmar que a utilização dos protocolos como recurso didático contribui diretamente para a operacionalização das metodologias ativas, fortalecendo o protagonismo discente, a aprendizagem baseada em problemas reais e o desenvolvimento de raciocínio crítico e sistêmico. Além disso, a articulação entre ciência cidadã e formação em engenharia oferece uma resposta concreta à lacuna observada na integração entre conteúdos curriculares, dados ambientais e desenvolvimento de competências alinhadas à sustentabilidade.

Apesar dos avanços metodológicos aqui propostos, é necessário reconhecer que este estudo possui limitações. A análise esteve restrita a uma matriz curricular específica, não abrangendo outras instituições ou cursos. Além disso, a proposta aqui desenvolvida é teórica e metodológica, não tendo sido aplicada diretamente em atividades didáticas ou em projetos de extensão, o que constitui uma oportunidade relevante para estudos futuros.

Diante dos resultados alcançados, recomenda-se que futuras pesquisas explorem a aplicação prática da matriz de integração proposta, por meio de estudos de caso, intervenções pedagógicas e desenvolvimento de projetos integradores que incorporem os protocolos do GLOBE às atividades curriculares. Além disso, sugere-se a ampliação da metodologia para outros cursos de engenharia e áreas correlatas, bem como a investigação sobre os impactos dessa prática na formação profissional, no desenvolvimento de competências e na percepção dos estudantes sobre os desafios da sustentabilidade e da gestão de sistemas produtivos complexos.

Conclui-se que a integração entre os protocolos do Programa GLOBE e os componentes curriculares da Engenharia de Produção representa uma estratégia inovadora, tecnicamente viável e pedagogicamente potente para alinhar a formação de engenheiros aos desafios contemporâneos. A proposta não apenas contribui para a implementação das Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia, como também fortalece a articulação entre ciência cidadã, sustentabilidade e desenvolvimento de competências, oferecendo uma perspectiva transformadora para o ensino de engenharia no Brasil e, potencialmente, em contextos internacionais.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), pelo suporte acadêmico e institucional que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho. E, à Coordenação de Aperfeiçoamento de

Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fomento que possibilita o desenvolvimento das pesquisas.

REFERÊNCIAS

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução nº 1, de 26 de março de 2021**. Altera o Art. 9º, § 1º da Resolução CNE/CES nº 2/2019 e o Art. 6º, § 1º da Resolução CNE/CES nº 2/2010. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 85, 29 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 43-44, 26 abr. 2019.

FERREIRA, C. *et al.* **Engineering education challenges and strengths: reflecting on key-stakeholder's perspectives**. *Frontiers in Education*, v. 9, 2024.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA - UNIR. Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção. **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Produção**. Cacoal: UNIR, 2024.

GLOBE PROGRAM. **The GLOBE Program**. Disponível em: <https://www.globe.gov/>. Acesso em: 01 maio 2025.

HOUSE, R. J. A brief history of GLOBE. *Journal of Managerial Psychology*, v. 13, n. 3/4, p. 230–240, 1998.

JAROENKHASEMMEESUK, C. *et al.* Active learning in engineering education: case study in mechanics for engineering. In: KOOMSAP, P. (ed.). **Leveraging transdisciplinary engineering in a changing and connected world**. Amsterdam: IOS Press, 2023. p. 633–642.

MAHESWARAN, B. Sustainability in engineering education. **Athens Institute for Education and Research**, Northeastern University, 2023.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

MÜLLER, M. *et al.* What factors affect the implementation of citizen science in secondary school science classrooms? A scoping review. **International Journal of Science Education**, Part B, p. 1–20, 2025.

OOSTROM, H. V. Active learning: overview and justification. **Gainesville: Herbert Wertheim College of Engineering**, University of Florida, 2023.

OLIVEIRA, E.; SILVA, C. S.; STANZANI, F. L. (orgs.). **Ciência cidadã e educação em ciências: diálogos para formação docente**. Curitiba: Ed. UFPR, 2023.

RUFINO, S. *et al.* Contribuição das metodologias ativas no desenvolvimento de competências e habilidades: uma revisão sistemática para cursos de engenharia de produção. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 43, p. 121–140, 2024.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2011.

SILVA, R. M. S.; SILVA, J. S. Metodologias ativas de ensino: aplicação no âmbito da engenharia e melhoramento com o uso de chatbots. In: Congresso Brasileiro De Educação Em Engenharia – COBENGE, 52., 2024, Vitória-ES. **Anais eletrônicos**. Vitória-ES: ABENGE, 2024.

TONINI, A. M. (org.). **Educação em engenharia: as competências na formação do engenheiro**. 1. ed. Goiânia: Editora Alta Performance, 2023.

TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. (orgs.). **ABENGE 50 anos: desafios de ensino, pesquisa e extensão na educação em engenharia**. Brasília: ABENGE, 2024.

WALS, A. E. J.; CORCORAN, P. B. (ed.). **Learning for sustainability in times of accelerating change**. Wageningen: Brill Wageningen Academic, 2012.

DATA THAT EDUCATE, SKILLS THAT TRANSFORM: THE GLOBE PROGRAM IN PRODUCTION ENGINEERING

Abstract: *Engineering education faces growing challenges in integrating sustainability, complex systems analysis, and the development of integrated competencies. However, initiatives that use real environmental data as a pedagogical resource remain scarce. This article proposes a methodological approach to integrate the GLOBE Program protocols into the Production Engineering curriculum, aiming to strengthen technical, analytical, and socio-environmental competencies. The applied research, with a qualitative approach, was based on documentary analysis of the curriculum matrix and the systematization of the GLOBE scientific protocols. The methodology included mapping subjects aligned with environmental variables and constructing an integration matrix between academic content and protocol data. The results indicate that the proposed approach expands teaching possibilities, connects learning to sustainability challenges, and reinforces education through citizen science.*

Keywords: *Citizen Science, Competency Development, Engineering Education.*

