REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

# PROPOSTA DE *DESIGN* DE EXPERIÊNCIAS EDUCATIVAS EM ENGENHARIA: UMA TRILHA DE APRENDIZAGEM ATIVA PARA O ENSINO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS

## *DESIGNING EDUCATIONAL EXPERIENCES IN ENGINEERING: AN ACTIVE LEARNING PATHWAY FOR TEACHING STATISTICAL PROCESS CONTROL*

## *DISEÑO DE EXPERIENCIAS EDUCATIVAS EN INGENIERÍA: UNA RUTA DE APRENDIZAJE ACTIVO PARA LA ENSEÑANZA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS*

Rodolfo Bello Exler[1], Marcelle Rose da Silva Minho[2]

e747623
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i4.7623

PUBLICADO: 04/2026

**RESUMO**

A formação em Engenharia tem demandado experiências didáticas que articulem rigor conceitual e aplicação prática, especialmente em componentes curriculares de base quantitativa, nos quais a interpretação de dados e a tomada de decisão orientada por evidências assumem função estruturante. O estudo teve como objetivo analisar a implementação de uma trilha de aprendizagem ativa, mediada por tecnologias digitais, no ensino de Controle Estatístico de Processos. Participaram da pesquisa 15 discentes do curso de Engenharia Mecânica, matriculados no 8º ou 9º semestre, no período acadêmico 2025.2. Metodologicamente, configura-se como uma intervenção pedagógica, uma vez que envolve o planejamento, a aplicação e a avaliação de uma proposta didática intencionalmente delineada para favorecer uma aprendizagem ativa e experiencial. A trilha foi implementada ao longo de cinco aulas, com etapas sequenciais e desbloqueáveis, combinando sistematizações conceituais e aplicações práticas com Excel e Minitab, incluindo sala de aula invertida e registros de execução no AVA. A avaliação da proposta foi realizada por questionário *online*, sendo que seus resultados indicaram progressão conceitual entre as etapas iniciais, desempenho consistente nas atividades práticas e elevada concordância quanto à clareza do percurso e à contribuição das atividades com planilha eletrônica e Minitab para a aprendizagem, com destaque para o vídeo como suporte à apropriação do *software*. As respostas reforçaram a centralidade da dimensão prática, a objetividade do encadeamento das etapas e a compreensão de que ferramentas digitais ampliam a eficiência analítica, sem substituir o julgamento técnico do engenheiro. Conclui-se que a trilha favoreceu engajamento, progressão conceitual e aproximação com práticas profissionais de análise e decisão orientada por dados, configurando-se como um desenho pedagógico passível de adaptação a disciplinas quantitativas no ensino de Engenharia.

**PALAVRAS-CHAVE**: Educação. Engenharia. Estatística. Controle Estatístico de Processos. Trilhas formativas.

***ABSTRACT***

*Engineering education increasingly calls for instructional experiences that integrate conceptual rigor with practical application, particularly in quantitatively oriented courses in which data interpretation and evidence-based decision-making play a foundational role. This study aimed to analyze the implementation of an active learning pathway, mediated by digital technologies, in the teaching of Statistical Process Control (SPC). Fifteen Mechanical Engineering students enrolled in*

[1] Doutorando em Gestão e Tecnologia Industrial, Universidade SENAI CIMATEC, Salvador, Bahia, Brasil.
[2] Doutora em Educação e Contemporaneidade, Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Salvador, Bahia, Brasil.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

*the 8th or 9th semester participated during the 2025.2 academic term. Methodologically, the study is framed as a pedagogical intervention, as it involved the planning, implementation, and evaluation of an instructional design intentionally developed to foster active and experiential learning. Thepathway was implemented across five class sessions through sequential, unlockable stages that combined conceptual systematization with hands-on activities using Excel and Minitab, including a flipped-classroom component and documented records of task completion in the learning management system (LMS). The intervention was evaluated through an online questionnaire. The results indicated conceptual progression across the initial stages, consistent performance in the practical tasks, and strong agreement regarding the clarity of the pathway and the contribution of the spreadsheet-based and Minitab activities to learning, with the video standing out as a key support for students' appropriation of the software. Responses also emphasized the centrality of practice, the clear sequencing of stages, and the understanding that digital tools enhance analytical efficiency without replacing engineers' technical judgment. Overall, the pathway promoted engagement, conceptual progression, and closer alignment with professional practices of data-driven analysis and decision-making, suggesting a pedagogical design that can be adapted to quantitative courses in Engineering education.*

***KEYWORDS:*** *Education. Engineering. Statistics. Statistical Process Control. Training pathways.*

***RESUMEN***
*La formación en Ingeniería ha demandado experiencias didácticas que articulen rigor conceptual y aplicación práctica, especialmente en asignaturas de base cuantitativa, en las que la interpretación de datos y la toma de decisiones basada en evidencias cumplen una función estructurante. El estudio tuvo como objetivo analizar la implementación de una ruta de aprendizaje activo, mediada por tecnologías digitales, en la enseñanza del Control Estadístico de Procesos. Participaron en la investigación 15 estudiantes del curso de Ingeniería Mecánica, matriculados en el 8.º o 9.º semestre, en el período académico 2025.2. Metodológicamente, el estudio se configura como una intervención pedagógica, ya que involucra la planificación, la implementación y la evaluación de una propuesta didáctica intencionalmente diseñada para favorecer un aprendizaje activo y experiencial. La ruta se implementó a lo largo de cinco clases, con etapas secuenciales y desbloqueables, combinando sistematizaciones conceptuales y aplicaciones prácticas con Excel y Minitab, incluyendo aula invertida y registros de ejecución en el AVA. La evaluación de la propuesta se realizó mediante un cuestionario en línea, cuyos resultados indicaron progresión conceptual entre las etapas iniciales, desempeño consistente en las actividades prácticas y un alto nivel de acuerdo respecto a la claridad del recorrido y a la contribución de las actividades con hoja de cálculo y Minitab al aprendizaje, destacándose el video como apoyo para la apropiación del software. Las respuestas reforzaron la centralidad de la dimensión práctica, la objetividad de la secuenciación de las etapas y la comprensión de que las herramientas digitales amplían la eficiencia analítica sin sustituir el juicio técnico del ingeniero. Se concluye que la ruta favoreció el compromiso, la progresión conceptual y la aproximación a prácticas profesionales de análisis y toma de decisiones basadas en datos, configurándose como un diseño pedagógico susceptible de adaptación a asignaturas cuantitativas en la enseñanza de la Ingeniería.*

***PALABRAS CLAVE****: Educación. Ingeniería. Estadística. Control Estadístico de Procesos. Rutas formativas.*

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a formação em Engenharia tem sido atravessada por desafios complexos, relacionados às transformações dos contextos profissionais e à intensificação do uso de tecnologias digitais nos processos produtivos e organizacionais, o que amplia a necessidade


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de desenvolver, nos estudantes, competências que extrapolam a assimilação de conteúdos conceituais. Esse quadro tem implicado a revisão das abordagens de ensino adotadas ao longo da formação, na medida em que se intensificam expectativas de superação de práticas tradicionais e de atualização das premissas pedagógicas dos cursos, a fim de responder com maior efetividade às demandas contemporâneas (Sá, 2025; Broo *et al.,* 2022).

Nessa direção, a educação em engenharia tem sido tensionada por discussões que enfatizam que uma formação orientada por competências demanda reconfigurações curriculares e didático-pedagógicas capazes de favorecer aprendizagens com sentido, articuladas a problemas e a contextos de atuação, reduzindo a fragmentação entre “saber” e “saber fazer”. Sob essa perspectiva, discutem-se limites de modelos educacionais historicamente pautados em abordagens unidimensionais e lineares, que tendem a responder de modo insuficiente às exigências atuais de adaptação, pensamento crítico e aprendizagem autônoma e contínua. Assim, a literatura tem apontado a necessidade de repensar paradigmas tradicionais do ensino em engenharia, destacando a adoção de métodos pedagógicos que ampliem a flexibilidade cognitiva, a integração de saberes e o desenvolvimento de competências alinhadas às demandas profissionais (Garbin; Kampff, 2021; Exler *et al.,* 2024; Consolo, 2019; Vilela Júnior *et al.,* 2020).

Entre esses desafios está a promoção de aprendizagens significativas em unidades curriculares de base quantitativa, nas quais a abstração conceitual e a necessidade de interpretar dados, variabilidade e evidências podem ampliar a distância entre o conteúdo formal e sua aplicação profissional, sobretudo quando o ensino permanece restrito a dinâmicas predominantemente expositivas e pouco contextualizadas. Nessa perspectiva, estudos indicam que a contextualização de problemas e a aproximação com situações reais de trabalho favorecem o engajamento e a construção de sentidos em conteúdos matemático-estatísticos, contribuindo para que o estudante compreenda como calcular, por que decidir e as quais implicações em cenários produtivos e organizacionais (Dominguez; Junior, 2024).

As metodologias ativas têm sido defendidas na Educação em Engenharia como alternativas para organizar o ensino em torno de problemas, desafios e tarefas que exigem participação, argumentação e construção progressiva de soluções, ampliando o protagonismo discente e a articulação entre teoria, prática e decisão. Observa-se, desse modo, o fortalecimento de propostas que reposicionam o estudante como agente que investiga, compara estratégias, valida resultados e comunica justificativas, em vez de apenas reproduzir procedimentos (Daciolo, 2022).

É nesse horizonte que o componente curricular Controle Estatístico de Processos (CEP) se configura como um campo formativo estratégico, por exigir rigor conceitual e leitura aplicada de fenômenos produtivos, mobilizando interpretação de dados, compreensão de variabilidade, julgamento técnico e tomada de decisão baseada em evidências. Entretanto, a abstração dos


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

conceitos e a complexidade dos procedimentos podem intensificar dificuldades de aprendizagem quando o ensino se mantém predominantemente expositivo e pouco conectado a aplicações, favorecendo a execução mecânica de rotinas e reduzindo oportunidades de análise crítica e de transferência para situações profissionais (Furtado; Oliveira, 2018; Corbo; Sasaki, 2021).

No caso do CEP, as tecnologias digitais podem atuar como mediadoras do percurso formativo, não como fins em si mesmas, mas como meios para favorecer visualização, simulação, comparação de abordagens e maior fluidez na exploração de dados. Em particular, o uso de planilhas eletrônicas tem sido discutido como recurso pedagógico relevante para apoiar a compreensão de procedimentos estatísticos e a leitura de resultados, ao permitir que o estudante acompanhe etapas, teste parâmetros e observe efeitos decorrentes de suas escolhas, inclusive em contraste com ferramentas mais especializadas (Pontes; Guimarães, 2021).

Diante dessas especificidades, estratégias pedagógicas apoiadas em metodologias ativas, sequências didáticas estruturadas, atividades progressivas e uso intencional de recursos digitais possibilitam ao estudante assumir uma posição mais ativa na construção do conhecimento, articulando conceitos teóricos à aplicação prática. Em convergência, trilhas de aprendizagem com fases interdependentes dialogam com princípios discutidos no campo da neurociência aplicada à educação e da psicologia cognitiva, sobretudo quando estruturam metas claras, progressão de complexidade, oportunidades recorrentes de prática e momentos de reflexão, pois esses elementos tendem a favorecer condições cognitivas relevantes para aprender: atenção dirigida, organização do esforço mental e consolidação do conhecimento.

Nesse sentido, a literatura tem destacado que processos como atenção e memória são centrais para a aprendizagem e se beneficiam de propostas didáticas que segmentam o conteúdo em sequências progressivas, preveem retomadas sistemáticas e mantêm níveis estáveis de engajamento ao longo do tempo (Costa, 2023). Além disso, práticas pedagógicas que mobilizam a evocação ativa das informações previamente aprendidas, em substituição à mera releitura ou escuta passiva de explicações, têm sido descritas como estratégias associadas a maior retenção e estabilidade do conhecimento, na medida em que favorecem os processos de recuperação, consolidação e fortalecimento das representações na memória de longo prazo (Silva, 2022).

De modo complementar, estudos sobre aprendizagem espaçada indicam que distribuir oportunidades de estudo e prática ao longo do tempo, em vez de concentrá-las em um único momento, tende a produzir ganhos de retenção e estabilidade do conhecimento, o que é compatível com percursos progressivos que retomam e aprofundam conceitos em etapas sucessivas (Jaeger, 2025). Por fim, a inclusão de momentos de reflexão e monitoramento do próprio desempenho se articula a discussões sobre metacognição e autorregulação, uma vez que tais processos ajudam o estudante a ajustar estratégias, identificar dificuldades e atribuir sentido


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

às escolhas realizadas no percurso, com implicações positivas para o aprendizado (Schelini, 2023).

Este estudo tem como objetivo analisar a implementação de uma trilha de aprendizagem ativa, mediada por tecnologias digitais, no ensino de Controle Estatístico de Processos. Como contribuição, o estudo sistematiza um desenho pedagógico replicável para componentes quantitativos da engenharia, integrando etapas conceituais e práticas e oferecendo evidências empíricas de percepção discente sobre o percurso formativo.

A trilha de aprendizagem adotada parte do entendimento de que o desenvolvimento de competências em Engenharia demanda experiências didáticas que articulem teoria, prática, análise e reflexão, especialmente em componentes curriculares de base quantitativa, nos quais o estudante precisa interpretar dados, justificar decisões e relacionar resultados a implicações em processos. Nesse sentido, a proposta assume relevância por apoiar a construção progressiva do conhecimento e reduzir a fragmentação entre procedimentos estatísticos e sua aplicação, favorecendo que o estudante compreenda o encadeamento lógico do CEP e desenvolva critérios para leitura e decisão a partir de evidências.

Assim, optou-se por um percurso progressivo, sequenciado e mediado pelo AVA, estruturado em cinco fases interdependentes e combinando momentos de sistematização conceitual voltados à distinção entre abordagens atributivas e quantitativas, uma etapa de aplicação em planilha eletrônica, permitindo que o estudante percorra o fluxo completo de construção, análise de controle e capabilidade, bem como etapas com *software* estatístico especializado, favorecendo comparação entre ferramentas e aproximação de práticas profissionais. Esse encadeamento foi planejado para sustentar a progressão cognitiva e oferecer oportunidades de prática, reflexão e registro de percepções, incluindo um instrumento final de avaliação com itens quantitativos e qualitativos.

O artigo está estruturado em quatro seções, além desta introdução. A seção 1 apresenta os procedimentos metodológicos adotados na condução da investigação, a seção 2 descreve e discute os resultados obtidos e a seção 3 reúne as considerações finais e possíveis encaminhamentos para estudos futuros.

## 1. MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada e configura-se como uma intervenção pedagógica, na medida em que envolve o planejamento, a implementação e a avaliação de uma proposta didática intencionalmente delineada para favorecer uma aprendizagem ativa e experiencial, desenvolvida no contexto da disciplina Controle Estatístico de Processos (CEP), no campo da Estatística Aplicada à Engenharia. A investigação foi conduzida


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

por meio da implementação de uma trilha de aprendizagem ativa, mediada por tecnologias digitais e estruturada no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

Participaram da pesquisa todos os estudantes ativos na disciplina ao longo do período acadêmico 2025.2 (n = 15), sendo a trilha aplicada em cinco aulas distintas, com duração estimada de 500 minutos no total (aproximadamente 100 minutos por etapa). A proposta foi distribuída ao longo das três unidades da disciplina, acompanhando a progressão conceitual, e estruturada de modo sequencial e condicional (desbloqueável), de forma que o acesso a cada etapa dependia da conclusão da etapa anterior, favorecendo a progressão orientada por objetivos e pela complexidade dos conteúdos. Os objetivos de aprendizagem, definidos por etapa, privilegiaram competências de organização conceitual, aplicação instrumental e análise crítica orientada por dados, sendo eles organizar um fluxo de CEP atributivo (Etapa 01), organizar um fluxo de CEP quantitativo e diferenciar abordagens (Etapa 02), aplicar o CEP na planilha eletrônica, interpretando controle e capabilidade (Etapa 03), reconhecer e relacionar funcionalidades do Minitab ao fluxo do CEP(Etapa 04), aplicar o CEP no Minitab, comparando ferramentas e justificando decisões (Etapa 05).

O percurso foi composto por cinco etapas, conforme Quadro 01, acessadas progressivamente no AVA: (1) sistematização das etapas de um estudo de CEP com variáveis atributivas; (2) sistematização das etapas de um estudo de CEP com variáveis quantitativas; (3) construção de cartas de controle na planilha eletrônica, com registro do tempo e percepções de usabilidade; (4) visualização de vídeo tutorial sobre o Minitab, seguida de reflexão orientada e experimentação inicial; e (5) aplicação prática do Minitab, com construção e análise de cartas de controle registrada por formulário online no AVA.

A Etapa 01 foi aplicada ao final da primeira unidade, quando os estudantes já haviam sido introduzidos aos fundamentos do CEP. Nessa fase, os discentes sistematizaram, por escrito, as etapas necessárias para a condução de estudos de CEP quando a variável de interesse é atributiva, favorecendo a ativação de conhecimentos prévios e a consolidação inicial dos conceitos. A Etapa 02 ocorreu ao final da segunda unidade e manteve o foco na sistematização, solicitando aos estudantes a organização das etapas de um estudo de CEP envolvendo variáveis quantitativas. Essa etapa ampliou a exigência analítica ao demandar distinções conceituais e procedimentais entre abordagens atributivas e quantitativas.


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

**Quadro 1**. Detalhamento da trilha de aprendizagem

| Etapa | Foco da etapa | Atividade principal | Ferramentas/recursos | Entrega no AVA |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Sistematização conceitual (variáveis atributivas) | Responder, por escrito, quais etapas compõem um estudo de CEP com variável atributiva | AVA (atividade textual) | Texto submetido no AVA |
| 2 | Sistematização conceitual (variáveis quantitativas) | Responder, por escrito, quais etapas compõem um estudo de CEP com variável quantitativa | AVA (atividade textual) | Texto submetido no AVA |
| 3 | Aplicação prática na planilha eletrônica + usabilidade | Resolver situação-problema: baixar base, construir cartas, enviar arquivo; registrar tempo e percepções | Planilha eletrônica + base de dados + AVA | *Upload* do arquivo (.xlsx) + registro de tempo/reflexão no AVA |
| 4 | Sala de aula invertida (introdução ao Minitab) | Assistir ao vídeo tutorial; realizar reflexão orientada; experimentação inicial do *software* | Vídeo do docente + Minitab + AVA | Confirmação/registro de conclusão + respostas reflexivas no AVA |
| 5 | Aplicação prática no Minitab | Construir e analisar cartas de controle no Minitab; registrar execução e resultados | Minitab + formulário online no AVA | Submissão do formulário online do AVA (etapa prática) |
| Pós-trilha | Avaliação da experiência (percepções) | Responder questionário final com itens Likert e questões abertas | Questionário online | Respostas do questionário |

Fonte: Autores, 2026.

As Etapas 03, 04 e 05 foram realizadas ao final da terceira unidade, constituindo um bloco integrado com ênfase em aplicação prática e uso de ferramentas digitais. Na Etapa 03, os estudantes resolveram uma situação-problema na planilha eletrônica para construção de cartas de controle, realizando o *download* da base de dados disponibilizada, a elaboração das cartas e o *upload* do arquivo final no AVA, além do registro do tempo e de uma reflexão breve sobre potencialidades e limitações do uso da planilha eletrônica para esse fim.

Na Etapa 04, estruturada sob a lógica de sala de aula invertida, os estudantes assistiram a um vídeo previamente gravado pelo docente, que apresentava o Minitab e suas funcionalidades aplicadas ao CEP; em seguida, realizaram uma reflexão orientada e uma experimentação inicial, como preparação para a etapa subsequente. Por fim, na Etapa 05, os estudantes aplicaram o Minitab na construção e análise de cartas de controle, registrando a execução por meio de formulário online do AVA, o que também favoreceu a comparação entre a experiência no uso da planilha eletrônica e de uma ferramenta estatística especializada.

Os registros de participação e as entregas das etapas da trilha foram realizados nominalmente no AVA, com finalidade pedagógica de acompanhamento do progresso e devolutivas individualizadas. Para fins de pesquisa, os estudantes autorizaram o uso acadêmico dos dados gerados ao longo da trilha. Para reduzir vieses de identificação e favorecer respostas mais espontâneas, ao término do percurso foi aplicado um questionário online anonimizável, composto por questões objetivas em escala Likert e questões discursivas, voltado a captar


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

percepções sobre a experiência de aprendizagem, engajamento, clareza conceitual, usabilidade das ferramentas digitais e contribuições da trilha para a compreensão do CEP.

Os dados quantitativos provenientes da escala Likert foram analisados por estatística descritiva e os dados qualitativos foram examinados por análise temática, com identificação de unidades de sentido, agrupamento por recorrência e consolidação de categorias interpretativas, buscando evidências relacionadas à experiência formativa e aos elementos do desenho pedagógico.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados aqui discutidos decorrem da aplicação de uma trilha de aprendizagem em cinco etapas, estruturada no AVA com progressão sequencial e liberação condicionada, de modo a articular momentos de sistematização conceitual e experiências práticas mediadas por ferramentas digitais no ensino de Controle Estatístico de Processos (CEP). A amostra foi composta por 15 estudantes ativos, todos do curso de Engenharia Mecânica, com média de idade de 22 anos, matriculados no 8º ou 9º semestre, o que caracteriza um grupo em fase avançada de formação e, portanto, já exposto a demandas curriculares que tensionam a articulação entre conhecimento estatístico e tomada de decisão em situações aplicadas. A Figura 01 apresenta a sistematização da trilha no AVA.

**Figura 1.** Apresentação da trilha de aprendizagem no AVA




Fonte: Autores, 2026.

Na Etapa 01, os estudantes foram solicitados a sistematizar, por escrito, as etapas necessárias para condução de um estudo de CEP com variáveis atributivas, sendo as respostas classificadas como corretas quando contemplavam integralmente os elementos fundantes para desenvolvimento e análise das cartas de controle P, Np, C e U, parcialmente corretas quando apresentavam até duas lacunas em ações ou análises, e incompletas/erradas quando o número


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de ausências era superior a duas ou quando a resposta se mostrava inadequada ao tipo de variável. Os resultados indicaram 8 respostas corretas, 3 parcialmente corretas e 4 incompletas ou erradas, o que corresponde, respectivamente, a 53,3%, 20,0% e 26,7% dos participantes. Esse padrão sugere que, ao final da primeira unidade, mais da metade da turma já conseguia organizar de forma consistente o encadeamento lógico requerido para o CEP atributivo, enquanto uma parcela relevante ainda apresentava fragilidades na distinção entre etapas, critérios e análises compatíveis com esse tipo de dado.

Um achado particularmente relevante nessa etapa foi que todas as respostas classificadas como incompletas ou erradas apresentaram, na realidade, o fluxo apropriado para variáveis quantitativas, o que indica que em vez de estruturar o raciocínio a partir de contagens, proporções ou não conformidades (típicas do CEP atributivo), esses estudantes organizaram o procedimento como se estivessem tratando de medições (típicas do CEP quantitativo). Do ponto de vista formativo, essa evidência é útil porque explicita um ponto de atenção recorrente no ensino do CEP que consiste na necessidade de consolidar, desde cedo, o critério de escolha do tipo de carta e de análise a partir da natureza da variável, evitando que o estudante trate o CEP como um roteiro único transferível a qualquer situação.

Na Etapa 02, por sua vez, os estudantes deveriam sistematizar as etapas necessárias para condução de um estudo de CEP com variáveis quantitativas e, embora esse tipo de estudo envolva um conjunto mais amplo de análises a serem consideradas, todas as respostas enviadas estavam corretas (15 de 15). Esse resultado aponta para uma consolidação robusta do encadeamento lógico do CEP quantitativo no momento da aplicação, sugerindo que a progressão didática entre as unidades — associada ao próprio desenho sequencial da trilha — pode ter contribuído para reduzir ambiguidades e estabilizar a compreensão do procedimento. Além disso, quando analisado em conjunto com a Etapa 01, o contraste entre os resultados sugere que as maiores dificuldades iniciais estavam menos relacionadas à capacidade de sistematizar etapas em si, e mais especificamente à diferenciação entre abordagens atributivas e quantitativas.

Na Etapa 03, os estudantes desenvolveram, na planilha eletrônica, uma análise completa com dados quantitativos, contemplando plotagem das cartas, verificação de controle estatístico e, em seguida, análise de capabilidade do processo. Considerando exclusivamente o tempo de execução operacional (inserção e organização dos dados, formatação, cálculos e construção dos gráficos/índices), observou-se concentração entre 30 e 45 minutos (11 estudantes), com 1 estudante finalizando entre 15 e 30 minutos e 4 estudantes demandando mais de 45 minutos. Esse padrão sugere que, embora a atividade seja viável em ambiente de aula, há um custo de tempo associado principalmente à preparação da planilha e à configuração dos elementos gráficos e parâmetros, o que tende a aumentar para estudantes com menor fluência na ferramenta ou com menor prática prévia na estruturação de rotinas de análise.


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Do ponto de vista do desempenho, um resultado relevante é que todos os estudantes construíram corretamente os gráficos e obtiveram valores corretos tanto para limites de controle quanto para índices de capacidade, o que indica domínio procedimental das etapas essenciais do CEP no contexto proposto. Em termos interpretativos, esse achado é consistente com a ideia de que a ferramenta digital, quando bem orientada, pode reduzir o esforço de cálculo e liberar atenção para a lógica do método, sem comprometer a precisão dos resultados — especialmente quando o objetivo é fazer o estudante percorrer o fluxo completo (preparar dados → calcular → visualizar → analisar → estimar capacidade).

As respostas discursivas sobre facilidades convergiram fortemente para dois eixos: a automatização de cálculos repetitivos (médias por subgrupo, amplitudes, médias das médias e limites) e a agilidade no tratamento de grandes volumes de dados quando comparado ao procedimento manual. Vários estudantes destacaram que a experiência prévia “à mão” favoreceu a compreensão do encadeamento lógico do CEP, fazendo com que o Excel funcionasse como um recurso de otimização do passo a passo, e não como um atalho que substitui entendimento. Esse aspecto é importante para o desenho pedagógico da trilha, porque sugere que a etapa prática digital foi percebida como continuidade aplicada de um repertório já construído, reforçando a progressão entre compreensão conceitual e execução instrumental.

As dificuldades se concentraram para os estudantes (n=12), principalmente, em tarefas de organização e visualização tais como preparar e agrupar dados (por exemplo, formar subgrupos), formatar a base inicial, e sobretudo plotar os gráficos e inserir/formatar corretamente as linhas de LC, LSC e LIC. Um conjunto menor de respostas (n=3) indicou barreiras relacionadas ao ambiente de ferramenta (uso do Google Planilhas) e a erros de fórmula por troca de função, o que reforça que parte do tempo e do esforço cognitivo foi consumida por operações de interface e sintaxe, e não necessariamente pela compreensão estatística em si. Ainda assim, mesmo os estudantes que relataram dificuldades tendem a atribuí-las à falta de prática e não a limitações absolutas da planilha eletrônica, o que se alinha ao desempenho correto obtido ao final.

Quanto à percepção sobre a adequação da planilha eletrônica para uso contínuo em CEP, emergiu um quadro mais matizado. Entre as respostas, há um grupo (n=2) que o considera adequado (com justificativas ligadas à praticidade, presença no mercado e capacidade de automatização via planilhas bem estruturadas), um grupo (n=2) que avalia não ser adequado para uso contínuo, e um conjunto expressivo (n=11) que condiciona a adequação ao tipo de uso (por exemplo, “funciona para análises individuais”, mas perde força no monitoramento contínuo) e ao porte dos dados, além de apontar limitações na plotagem e no nível de automatização quando comparado a *softwares* dedicados. Na prática, essas justificativas sugerem que a Etapa 03 desempenhou uma função formativa de natureza dual ao consolidar o fluxo técnico do CEP em uma ferramenta acessível e amplamente difundida, bem como tornar visível, pela própria


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

experiência de execução, os limites da planilha eletrônica para rotinas recorrentes e de maior escala — preparando, de forma coerente, a transição para as etapas seguintes, em que o estudante passa a explorar uma solução especializada.

Na Etapa 04, estruturada sob a lógica de sala de aula invertida, todos os estudantes assistiram ao vídeo introdutório sobre o Minitab, assegurando uma base comum de contato com o conteúdo antes do momento de aplicação. Entretanto, apenas 12 dos 15 estudantes realizaram a experimentação prática do *software*, evidenciando que, embora a exposição inicial tenha sido plenamente cumprida, a passagem do consumo do recurso para a ação prática não ocorreu de forma homogênea no grupo. Ainda assim, entre os estudantes que testaram o Minitab, observou-se um movimento formativo relevante em que a experimentação foi realizada com dados de atividades previamente resolvidas e com resoluções de avaliações desenvolvidas ao longo do semestre, o que indica retomada intencional de repertórios já construídos e favorece a comparação entre procedimentos, saídas e decisões quando mediadas por diferentes ferramentas.

A discussão coletiva posterior reforçou três eixos de percepção que, em conjunto, ajudam a caracterizar os efeitos pedagógicos da etapa. O primeiro refere-se à otimização das análises, apontada pelos estudantes como vantagem do uso de um *software* especializado, particularmente por reduzir o esforço operacional associado à execução repetitiva de cálculos e à montagem manual de representações gráficas. O segundo eixo enfatiza a celeridade na obtenção de resultados, aspecto coerente com a automação de rotinas no Minitab e com a padronização das saídas, o que tende a liberar tempo e atenção para a interpretação e para o raciocínio analítico. O terceiro eixo, por sua vez, indica um avanço importante em termos de competência profissional pois houve uma percepção compartilhada de que a eficiência do *software* não elimina a necessidade de julgamento técnico, sendo indispensável que o engenheiro mantenha um olhar crítico para interpretar adequadamente as representações gráficas e os índices gerados pelo sistema, evitando leituras automáticas e decisões descoladas dos pressupostos e do comportamento do processo.

Em síntese, os resultados da Etapa 04 sugerem que a combinação entre vídeo (padronizando o acesso ao conteúdo) e experimentação (ainda que parcial) contribuiu para posicionar o Minitab não apenas como ferramenta de cálculo, mas como suporte à análise e à tomada de decisão orientada por dados, ao mesmo tempo em que reforçou, no discurso dos estudantes, a centralidade da interpretação crítica como competência essencial no uso de tecnologias analíticas na Engenharia.

Na Etapa 05, voltada à aplicação prática do CEP no Minitab, todos os estudantes realizaram a atividade a partir de um conjunto de dados oriundo de uma situação fabril real, reforçando o caráter aplicado da proposta e aproximando o uso do *software* de condições típicas


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de análise na Engenharia. De modo geral, os resultados indicam consolidação da competência técnico-operacional esperada para a etapa uma vez que todos os estudantes conseguiram operar a ferramenta e produzir análises consistentes das saídas geradas, o que sugere que o percurso anterior favoreceu a apropriação do fluxo de construção e interpretação das cartas de controle em um ambiente especializado.

Um achado adicional relevante foi observado em 8 estudantes, que, além de cumprirem integralmente as entregas e aprofundarem as interpretações, avançaram para a exploração do módulo de formatação das representações gráficas, apresentando saídas com maior qualidade visual e organização. Esse comportamento evidencia um nível de engajamento que ultrapassa a execução mínima da tarefa, indicando preocupação com a clareza comunicacional dos resultados e com a forma como evidências estatísticas podem ser apresentadas para sustentar diagnósticos e decisões. Do ponto de vista formativo, esse movimento é significativo porque desloca o foco do uso da ferramenta para a construção de uma competência mais ampla, na qual a análise estatística não se limita ao cálculo ou à obtenção de gráficos, mas envolve também a curadoria e a apresentação de representações que facilitem leitura, interpretação e comunicação técnica.

A avaliação final da trilha indicou percepções positivas quanto à sua organização pedagógica, utilidade para a aprendizagem e contribuição para a preparação para aplicação do CEP. No conjunto de itens em escala Likert, observou-se elevado nível de concordância com a clareza e lógica do percurso pois quatorze estudantes declararam concordar plenamente e um estudante declarou concordar, o que sugere que a estrutura sequencial e desbloqueável favoreceu orientação, previsibilidade e compreensão do que era esperado em cada etapa. Tendência semelhante aparece nas dimensões associadas às práticas com ferramentas digitais, uma vez que as atividades na planilha eletrônica e no Minitab foram percebidas como contributivas para o aprendizado, com predomínio de concordância plena e apenas uma marcação de concordância em cada item, reforçando que a trilha conseguiu integrar execução técnica e construção conceitual, sem tratar os *softwares* como fins em si mesmos.

No item relativo à compreensão das diferenças entre variáveis atributivas e quantitativas, os resultados também foram consistentes e dez estudantes afirmaram concordar plenamente e cinco declararam concordar, indicando que a progressão conceitual entre as etapas iniciais cumpriu seu propósito formativo, sobretudo ao organizar, em momentos distintos, a sistematização de cada abordagem.

Esse dado ganha relevância quando interpretado em conjunto com os resultados das Etapas 01 e 02, pois sugere que a trilha não apenas expôs a distinção entre naturezas de variáveis, mas contribuiu para consolidá-la ao longo do percurso. Além disso, o vídeo sobre o Minitab obteve concordância plena de todos os participantes, apontando que o recurso audiovisual desempenhou uma função importante na ampliação da compreensão sobre ferramentas de CEP,


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

possivelmente por permitir ao estudante controlar o ritmo, retomar trechos e observar o fluxo de execução antes de operar efetivamente o *software*.

O item com maior dispersão foi o engajamento sustentado pelo formato sequencial pois, ainda que o padrão tenha permanecido predominantemente positivo, com maioria em concordância plena e parte em concordância, houve uma resposta indicando concordância parcial, o que sugere que, embora a progressão por etapas contribua para manter foco e continuidade, a experiência de engajamento também pode variar em função de fatores como tempo disponível, familiaridade prévia com ferramentas e ritmo individual de execução. Esse achado aponta espaço para refinamentos pontuais no equilíbrio entre carga de tarefas, tempo de realização e variação de recursos ao longo do percurso, sem comprometer a aderência geral do formato.

As respostas discursivas reforçam e qualificam os achados quantitativos ao explicitar quais elementos foram percebidos como mais determinantes para a aprendizagem. Quando solicitados a indicar os pontos que mais contribuíram, os estudantes destacaram a dimensão prática, associada a atividades “curtas e criativas”, além de “clareza e objetividade” nas propostas de cada etapa. Essa combinação é relevante porque indica que a trilha foi percebida como suficientemente estruturada para orientar a ação e, simultaneamente, dinâmica para sustentar interesse, sugerindo coerência entre a forma do percurso (sequência, desbloqueio e etapas interdependentes) e sua função pedagógica (aprender pela ação, com propósito explícito). Do ponto de vista do *design* da experiência, esse resultado sugere que a trilha conseguiu equilibrar orientação e autonomia, condição particularmente relevante em conteúdos quantitativos que exigem execução, análise e interpretação.

Quanto às possibilidades de melhoria, a principal sugestão consistiu na inclusão de mais vídeos curtos sobre outros temas abordados no percurso. Esse retorno indica valorização do recurso audiovisual como apoio à aprendizagem, especialmente em etapas que demandam alternância entre compreensão conceitual e execução instrumental. Em termos de aprimoramento, essa sugestão pode ser interpretada como oportunidade de ampliar a multimodalidade da trilha e reduzir sobrecarga cognitiva em pontos específicos, oferecendo micro explicações sob demanda para partes críticas do fluxo analítico.

Por fim, dois achados reforçam a contribuição formativa da trilha para a formação em Engenharia. Primeiro, todos os estudantes afirmaram sentir-se mais preparados para aplicar o CEP em situações reais, o que sinaliza percepção de transferência do aprendizado para contextos práticos. Segundo, ao apontarem um aprendizado essencial, os estudantes sintetizaram uma competência central ao objetivo do percurso, ou seja, reconhecer “o poder do software”, sem perder de vista “a valiosa atuação do engenheiro nas análises”. Essa formulação evidencia a compreensão de que ferramentas digitais ampliam eficiência e capacidade analítica, mas não


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

substituem julgamento técnico, interpretação e responsabilidade decisória, aspecto coerente com a proposta de integrar tecnologia, análise e tomada de decisão orientada por evidências.

## 3. CONSIDERAÇÕES

Este estudo analisou a implementação de uma trilha de aprendizagem ativa, mediada por tecnologias digitais, no ensino de Controle Estatístico de Processos, articulando etapas conceituais e práticas, mediação por tecnologias digitais e organização progressiva no AVA. Os resultados indicam que o desenho sequencial e desbloqueável contribuiu para estruturar a experiência de aprendizagem de forma clara e lógica, favorecendo que os estudantes compreendessem o encadeamento do CEP e avançassem gradualmente do nível de sistematização para a aplicação instrumental e analítica.

Do ponto de vista conceitual, os resultados das etapas iniciais sugerem que a trilha favoreceu a diferenciação entre abordagens atributivas e quantitativas, com evidências de consolidação na segunda etapa e percepção positiva dos estudantes quanto à contribuição desse arranjo para a compreensão das diferenças entre naturezas de variáveis. No plano prático, a etapa com Excel demonstrou viabilidade operacional e consistência técnica dos resultados, ao mesmo tempo em que revelou demandas de tempo e esforço associadas à construção e formatação das análises, aspecto que contribuiu para qualificar a transição para o uso do Minitab. As etapas voltadas ao software especializado evidenciaram ganhos percebidos de celeridade e otimização, além de favorecerem uma compreensão relevante para a formação em Engenharia: a ferramenta amplia eficiência e suporte à análise, mas exige interpretação crítica e julgamento técnico do engenheiro para uso responsável das representações gráficas e índices.

As percepções coletadas no questionário final reforçam a adequação do desenho pedagógico, com elevada concordância quanto à clareza, contribuição para a aprendizagem e utilidade dos recursos digitais, além de apontarem sugestões objetivas de aprimoramento, como a inclusão de mais vídeos curtos ao longo do percurso, o que pode ampliar a multimodalidade do material e apoiar diferentes ritmos de aprendizagem. Em termos de contribuição, o estudo sistematiza uma proposta replicável para disciplinas quantitativas na Engenharia, sustentada por progressão orientada por objetivos e por integração entre teoria, prática e reflexão, oferecendo evidências empíricas sobre a percepção discente do percurso.

Entre as limitações, destaca-se que o estudo foi realizado com um grupo restrito (uma turma, n=15) e em um contexto específico de curso e semestre, o que recomenda cautela na generalização dos resultados. Além disso, parte das evidências baseia-se em percepções autorrelatadas, ainda que combinadas a registros de desempenho nas etapas. Como encaminhamento, recomenda-se testar a trilha em novas turmas e cursos, incorporar indicadores complementares de aprendizagem (por exemplo, pré e pós-teste conceitual, análise de erros por


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

tipo de carta/variável e comparação de desempenho ao longo do semestre) e aprofundar a investigação sobre quais componentes do desenho — sequência desbloqueável, vídeos, prática comparativa entre ferramentas e reflexão orientada — contribuem de modo mais decisivo para a aprendizagem.

Em síntese, os resultados apontam que a trilha proposta favoreceu progressão conceitual, aplicação prática e reflexão crítica no ensino de CEP, ao tempo em que contribuiu para aproximar os estudantes de práticas profissionais de análise e tomada de decisão baseada em dados, aspecto central para a formação em Engenharia.

## REFERÊNCIAS

BROO, D. G.; KAYNAK, O.; SAIT, S. M. Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 25, art. 100311, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311.

CONSOLO, A. T. G. Educação 4.0: onde vamos parar?. *In:* GARCIA, S. (org.). **Gestão 4.0 em tempos de disrupção.** São Paulo: Blucher, 2020. p. 94–115.

CORBO, A. R.; SASAKI, D. G. G. Utilizando metodologias de aprendizagem ativa em um curso introdutório de estatística. **Statistics Education Research Journal**, v. 20, n. 2, 2021. DOI: https://doi.org/10.52041/serj.v20i2.113.

COSTA, R. L. S. Neurociência e aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbedu/a/ZPmWbM6n7JN5vbfj8hfbyfK/. Acesso em: 28 jan. 2026.

DACIOLO, L. V. P. Análise de metodologias ativas de ensino-aprendizagem abordadas no COBENGE. **Educitec – Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 8, p. e178122, 2022. DOI: https://doi.org/10.31417/educitec.v8.1781.

DOMINGUES, M. A. F. G.; SANTOS JUNIOR, G. dos. Contribuições da aprendizagem baseada em problemas no contexto da educação estatística crítica. **Boletim de Conjuntura**, Boa Vista, v. 19, n. 56, p. 48–74, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.13667441. Disponível em: https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/5330. Acesso em: 29 jan. 2026.

EXLER, Rodolfo Bello; MINHO, Marcelle Rose da Silva; NONATO, Emanuel; MORGADO, Leonel; WINKLER, Ingrid. Potencial da educação ONLIFE e da aprendizagem imersiva para enfrentar os desafios do ensino-aprendizagem da engenharia. *In:* RIEOnLIFE; WLC, 5.; 9., 2024, Montes Claros. **Anais eletrônicos** […]. Montes Claros: IFNMG, 2024. Disponível em: https://eventos.ifnmg.edu.br/rieonlife_pt/66fb4e4b55f26.pdf. Acesso em: 09 ago. 2025.

FURTADO, J. C. C.; OLIVEIRA, S. R. B. A methodology to teaching statistical process control in computer courses. *In:* ENASE – Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, 2018. **Proceedings** […]. p. 424–431. Disponível em: https://www.scitepress.org/papers/2018/68005/68005.pdf. Acesso em: 28 jan. 2026.

GARBIN, F. G. de B.; KAMPFF, A. J. C. O ensino e a aprendizagem de competências nos cursos superiores de engenharia: focos das pesquisas entre os anos 2001 e 2020. **Educitec – Revista**


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

**de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 7, p. e143021, 2021. DOI: https://doi.org/10.31417/educitec.v7.1430.

JAEGER, Antonio. **Lembrar para aprender**: a evocação de memórias enquanto uma estratégia de aprendizagem. **Psicologia da Educação**, *[S. l.],* n. 58, p. 26–36, 2025. DOI: https://doi.org/10.23925/2175-3520.2025i58p26-36.

PONTES, Marcilia Elane do Nascimento; GUIMARÃES, Gilda Lisbôa. O uso do software Excel como recurso pedagógico no processo de ensino-aprendizagem de Estatística nos anos iniciais. **Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 337–355, 2021. DOI: https://doi.org/10.23925/1983-3156.2021v23i2p337-355.

SÁ, C. Competências para a engenharia do século XXI: inteligência artificial, emoção e relação. **IOSR Journal of Business and Management,** v. 27, p. 70–78, 2025. Disponível em: https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol27-issue5/Ser-7/J2705077078.pdf. Acesso em: 20 jul. 2025.

SCHELINI, P. W. Metacognição e autorregulação: articulações, discrepâncias, formas de avaliação, desafios e perspectivas. **Psicologia: Teoria e Prática**, 2023. DOI: https://doi.org/10.15689/ap.2023.2204.25008.06.

SILVA, A. C. B. Prática de lembrar em ambiente escolar: revisão narrativa. **Psicologia Escolar e Educacional**, 2022. DOI: https://doi.org/10.26512/lc28202243014.

VILELA JUNIOR, Guanis de Barros; FILENI, Carlos Henrique Prevital; MARTINS, Gustavo Celestino; CAMARGO, Leandro Borelli de; LIMA, Braúlio Nascimento; SILIO, Luis Felipe; OLIVEIRA, José Ricardo Lourenço; PASSOS, Ricardo Pablo. Você está preparado para a Educação 5.0?. **Revista CPAQV – Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 12, n. 1, 2019. DOI: https://doi.org/10.36692/CPAQV-V12N1-1.


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.