

ESAE – ENSINO SISTEMÁTICO, ADAPTATIVO E EXPERIMENTAL: UMA NOVA ABORDAGEM INTERATIVA PARA GERENCIAR AMBIENTES DE APRENDIZAGEM NA ERA DIGITAL

*Juliana de Santana Silva – julisantana26@hotmail.com
UFBA, Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica
Rua Aristides Novis 02, Federação, 2º andar
40210-630 – Salvador – Bahia*

*Herman Augusto Lepikson – hlepikson@gmail.com
UFBA, Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica
Rua Aristides Novis 02, Federação, 2º andar
40210-630 – Salvador – Bahia*

*Armando Sá Ribeiro Junior – asrj@ufba.com
Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica
Rua Aristides Novis 02, Federação
40210-630 – Salvador – Bahia*

Resumo: *A Era digital, com nova dinâmica e baseada em novos conceitos tecnológicos, tem modificado rápida e profundamente os sistemas de produção, de serviços bem como a organização do trabalho. Mudanças contínuas sem precedentes é a principal característica deste período. Os sistemas de ensino precisam ter sensibilidade e capacidade de se adaptar a estas mudanças. Em contrapartida, nos últimos anos um arsenal de metodologias e tecnologias de ensino tem sido disponibilizados, com implementações e resultados díspares. Nota-se a necessidade de um suporte metodológico apto a auxiliar na gestão educacional de modo a permitir a implementação eficaz e evolução segura dos futuros e necessários ambientes de ensino e aprendizagem. Nessa perspectiva, este trabalho propõe um método, baseado na Teoria dos Sistemas Adaptativos Complexos, para auxiliar a gestão de sistemas de ensino dos cursos de engenharia e de fundamentos tecnológicos, na Era Digital. Denominado como Ensino Sistemático, Adaptativo e Experimental – ESAE, este método fornece diretrizes para seleção de recursos, implementação, avaliação e evolução de sistemas de ensino modulares, flexíveis, versáteis personalizados e adaptáveis.*

Palavras-chave: *Ensino, Aprendizagem, Era digital, Complexidade.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o mundo experimenta uma era caracterizada por acentuadas e rápidas mudanças em todos os setores da sociedade. A evolução, o sucesso e até mesmo a sobrevivência de organizações e pessoas nas mais diversas áreas está diretamente relacionada a capacidade de adaptação aos novos contextos. A crescente disponibilização de tecnologias disruptivas e conceitos emergentes (*Big data*, Internet das coisas, inteligência artificial e outros) modificam as formas de produção, disponibilização dos serviços (PEREIRA; ROMERO, 2017) e organização do trabalho (BONEKAMP, 2015).

Nesse sentido, um dos principais desafios dos sistemas de ensino é conceber modelos capazes de formar indivíduos com a habilidade de se adaptar, rapidamente, as constantes

mudanças que ocorrem com velocidade sem precedentes na história. A fim de atender as necessidades provenientes do período, conhecido como Era Digital, os sistemas de ensino precisam passar por modificações profundas. Nesse contexto, o ensino de engenharia será certamente uma das áreas mais afetadas por estas mudanças.

Por outro lado, a necessidade de reestruturar os sistemas de ensino tem ensejado a elaboração de novas diretrizes curriculares para os cursos de engenharia. As novas diretrizes propõem uma série de alterações, entre elas algumas metodológicas dos processos de ensino e avaliação. A despeito do arsenal metodológico existente, nota-se a necessidade de um suporte metodológico melhor orientado a gestão de sistemas de ensino e aprendizagem, de modo a permitir a seleção de recursos, bem como sua implementação e evolução de forma segura e eficaz.

Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo apresentar um método para auxiliar a gestão de sistemas de ensino na era digital, definido como: Ensino Sistemático, Adaptativo e Experimental - ESAE. Este método está fundamentado na Teoria dos Sistemas Adaptativos Complexos e nas necessidades do ensino na era digital, como explicado a seguir.

2 ENSINO NA ERA DIGITAL

O acesso aberto e o crescimento exponencial de informações produzidas têm modificado as exigências no setor do trabalho. Fica evidente que, diferentemente de décadas, a aquisição de conhecimentos de uma determinada área não é suficiente para garantir a atuação no mercado de trabalho ao longo da vida (GÓMEZ-PABLOS et al., 2017). Necessitando, desta forma, uma educação que considere a necessidade de ensino continuado.

Além disso, observa-se que é necessário considerar também as consequências do uso de plataformas colaborativas e de alta exposição de uma diversidade de conteúdo. Em razão disso, ensino deverá ser capaz de promover formação de consumidores críticos de conteúdo.

Em função da disponibilização de plataformas colaborativas e das novas tecnologias de comunicação, a configuração do fluxo de informação não é mais centralizada e hierárquica. Em consequência, a dinâmica de aprendizagem tende a ser colaborativa e passa a ocorrer de forma distribuída (BOUARAB-DAHMANI; TAHI, 2015).

Outro impacto do uso das tecnologias e da disponibilidade de informações é a possibilidade de conduzir um processo de ensino e aprendizagem assíncrono e personalizado (IPEK; ZIATDINOV, 2017). Desta forma, o ritmo, local e formatos e veículos da aprendizagem podem ocorrer de acordo com as características e conveniências individuais do aluno.

Há de se considerar ainda o impacto do uso cada vez mais abrangente de técnicas apoiadas pela inteligência artificial, que está modificando diversas configurações no setor de trabalho. Muitas profissões, inexistentes no passado surgem em período de tempo relativamente menor ao tempo de formação. Desta maneira, a solução não pode residir apenas na disponibilização de novos cursos e especializações. Por esse ângulo, o ensino deverá não apenas ser adaptativo, mas também ser flexível, considerando possibilidades dentro de um curso, conforme as preferências dos alunos e as necessidades do mercado.

Outro impacto da IA no âmbito do trabalho é a tendência da redução de intervenção humana nos processos (TVENGE; MARTINSEN, 2018). Por esta razão, considerar o desenvolvimento do pensamento empreendedor é fundamental para que no futuro os alunos tenham a capacidade de criar oportunidades em um mundo cada vez mais dinâmico.

Outra característica que o ensino deverá agregar é a versatilidade. Ao mesmo tempo que, este deverá propiciar o desenvolvimento de competências, deverá também promover o desenvolvimento de atividades que agreguem valor, seja econômico, social ou acadêmico.

Para viabilizar uma educação com as características decorrentes dos impactos da Revolução Digital nota-se que, o uso de metodologias ativas (BARBOSA, 2014) como suporte é fundamental. Além disso, a metodologia de ensino na qual se fundamenta esse novo modelo de ensino deverá ter a capacidade de se adaptar as características dos alunos nos processos de ensino e aprendizagem.

O novo modelo de ensino envolve também novos métodos de avaliação, que deverão modificar a sua forma e objetivo. Estes métodos passarão, com frequência, a qualificar e quantificar os progressos e necessidades cada vez mais específicos, e ao mesmo tempo, armazenar e incorporar nos processos de ensino e aprendizagem orientando as mudanças, decisões e progressos no sistema de ensino.

A formação de profissionais com a capacidade de adaptar a este contexto é uma outra característica importante. Compreender o conceito de aprendizagem e como ele pode ser potencializado é fundamental. A aprendizagem é resultante de processos cognitivos que integram a atenção, memória e cognição (SLOAN; NORRGRAN, 2016; SHING; BROD, 2016).

A atenção é a capacidade de responder a estímulos sensoriais em detrimento de outros, possuindo um caráter direcional e seletivo. Esta capacidade é o fio condutor para o ensino. Gabriel (2016) afirma que o filtro, ou seja, a seletividade desse processo está diretamente relacionada com a motivação e interesse. Desta maneira, pode-se afirmar que processos que consideram a forma de disponibilização de conteúdos mais plurais e personalizadas possibilitam a potencialização da aprendizagem, considerando este critério.

Por outro lado, a memória é um dos fatores do aprendizado responsável por aquisição, retenção e recordação de informações. Shing e Brod (2016) defendem que o desenvolvimento da competência relacionadas à aquisição de informações podem ser potencializados quando vinculadas a conhecimentos pré-existentes. Nota-se que, em razão disso, currículos, disciplinas que incluem a integração tendem a propiciar um ensino mais eficaz no tocante a esse critério.

A cognição é o processo relacionado a processamento de informações para construção do pensamento crítico e reflexivo. Para Sloan e Norrgran (2016) o desenvolvimento das estruturas cognitivas só ocorre quando é exposto a situações que estimulam a cognição, tais como a situações que exijam a análise e resolução de problemas. Em razão disso, pode-se dizer que o uso de problemas para fundamentar o ensino é a chave do desenvolvimento da cognição.

Assim, conclui-se que os sistemas de ensino na Era digital deverão ser: adaptáveis, flexíveis, versáteis, personalizáveis, fundamentado em metodologias ativas, baseadas em problemas, cujos processos de avaliação deverão ser integrados ao processo de ensino. Além disso, deverá favorecer o aprendizado ao longo da vida e o empreendedorismo.

3 AMBIENTES DE ENSINO E APRENDIZAGEM COMO SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS

Os sistemas adaptativos complexos são utilizados em diversas áreas da ciência, por esta razão não há uma definição formal e sim diversas abordagens na literatura relacionadas a essas áreas (LEITE, 2004). De modo geral, estes sistemas caracterizados por: (i) ser uma classe de sistemas, ou seja, conjunto de partes que interagem para alcançar objetivos; (ii) complexidade: as partes constituem subsistemas cujas entradas e saídas são relacionadas de forma não linear; (iii) organização em níveis; (iv) auto-organização; (v) adaptação e; (vi) evolução.

Ao analisar as características de ensino na era digital, nota-se a sua natureza complexa, adaptativa e sistêmica. Outrossim, a evolução e aprendizagem deste modelo de ensino é um processo experimental. Nesse sentido, os sistemas de ensino e aprendizagem de cursos de

engenharia, na era digital podem ser analisados como um sistema complexo adaptativo, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Sistemas de Ensino e Aprendizagem na Era Digital como Sistemas Complexos Adaptativos



Fonte: Autoria própria

Os ambientes de ensino são partes de um sistema maior, o sistema educacional. Além disso, eles são compostos por subsistemas com processamento também desta natureza, o processamento cerebral orientado a aprendizagem. Em contrapartida, uso de metodologias ativas, ao transferir a autonomia aos alunos, confere aos futuros ambientes de ensino a imprevisibilidade e não linearidade. Afim de promover um ensino eficaz, em razão das mudanças dinâmicas, o ensino na era digital deverá ser: aberto, interagir com ambientes externos; adaptável e capacidade evolutiva: ser sensível e se modificar conforme as mudanças internas e externas aos sistemas, tais como novas tecnologias e áreas emergentes.

A aprendizagem também é um processo complexo adaptativo (MOROWITZ, 2018; CHIVA-GÓMEZ, 2003). O processamento cerebral orientado a aprendizagem, é aberto e interage com o ambiente, recebendo informações de diversos formatos. Ao mesmo tempo este processo é um adaptativo, com auto-organização, uma vez que as estruturas cerebrais se reorganizam conforme a experiência em processo denominado neuroplasticidade. A compreensão dos processos de aprendizagem, evolução e a imprevisibilidade inerente ao processo são um dos principais desafios da gestão de ambientes desta natureza. Além disso, os sistemas deverão permitir a análise de lacunas e acompanhamentos de progressos de aprendizagem.

Analisando o comportamento dos sistemas de ensino descritos, nota-se a necessidade de um suporte metodológico para gerir estes ambientes. Assim, é proposto um método que oferece suporte para seleção de recursos, implementação, avaliação e evolução de sistemas de ensino modulares, flexíveis, versáteis personalizados e adaptáveis. O detalhamento e definição deste método é apresentado a seguir.

4 ESAE – ENSINO SISTEMÁTICO, ADAPTATIVO E EXPERIMENTAL

O Ensino Sistemático, Adaptativo e Experimental é proposto como um conjunto de diretrizes que objetivam orientar a gestão dos processos de ensino de disciplinas de engenharias e de cursos com fundamentos tecnológicos, na Era Digital. Este método é estruturado em quatro passos, ilustrados na Figura 2, cujo detalhamento apresentado a seguir.

Figura 2 – Ensino Sistemático Adaptativo e Experimental - ESAE



Fonte: Autoria própria

4.1 Etapa 1 – Conhecendo a classe

Esta etapa é destinada ao conhecimento do perfil da turma para a qual será elaborado o planejamento de ensino. Deve-se conhecer as experiências profissionais e acadêmicas dos alunos, ou seja, se possuem ou não vínculo com grupos de pesquisa ou projetos extras curriculares de outra natureza. Além disso, deve-se avaliar o nível de conhecimento prévio do aluno através de testes para a avaliação de competências.

Outra informação a ser avaliada é o perfil cognitivo do aluno. Nesta análise são avaliados os elementos que definirão os estilos de aprendizagem, estilos de raciocínio e comportamento (JUNIOR et al., 2010).

4.2 Etapa 2 – Seleção de recursos e modularização da disciplina

A fim de promover um sistema de ensino flexível à modificações e atualizações, propõe-se estruturar a disciplina em competências. As competências são estabelecidas por: (i) conhecimentos: informações que fundamentam a disciplina; (ii) habilidades: comportamentos requeridos para aplicação da disciplina; e (iii) atitudes: objetivos para quais os conhecimentos e atitudes são direcionados. Codificar competências bem com estabelecer disciplinas e outras competências de interface facilita a manipulação de dados e viabiliza a rápida reorganização do sistema. Um exemplo de aplicação de modularização da disciplina Resistência dos Materiais I – R1 é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Aplicação exemplo de modularização na disciplina Resistência dos Materiais I

Conhecimento		Habilidades		Atitudes		Competências de R1 relacionadas	Disciplinas de interface com a competência
C1	Esforço Normal	H1	Compreender o comportamento mecânico de estruturas submetidas ao esforço normal.	A1	Dimensionar e Avaliar a capacidade resistente de estruturas sujeitas a esforço normal	Dimensionar e avaliar capacidade resistente de estruturas sujeitas a esforços combinados.	Resistência dos Materiais 2; Hiperestática; Projeto de Estruturas Metálicas e de Concreto
		H2	Compreender a formulação que descreve o comportamento mecânico das estruturas submetidas ao esforço normal: hipóteses simplificadoras do modelo e significado físico da descrição matemática do modelo.				

Fonte: Autoria própria

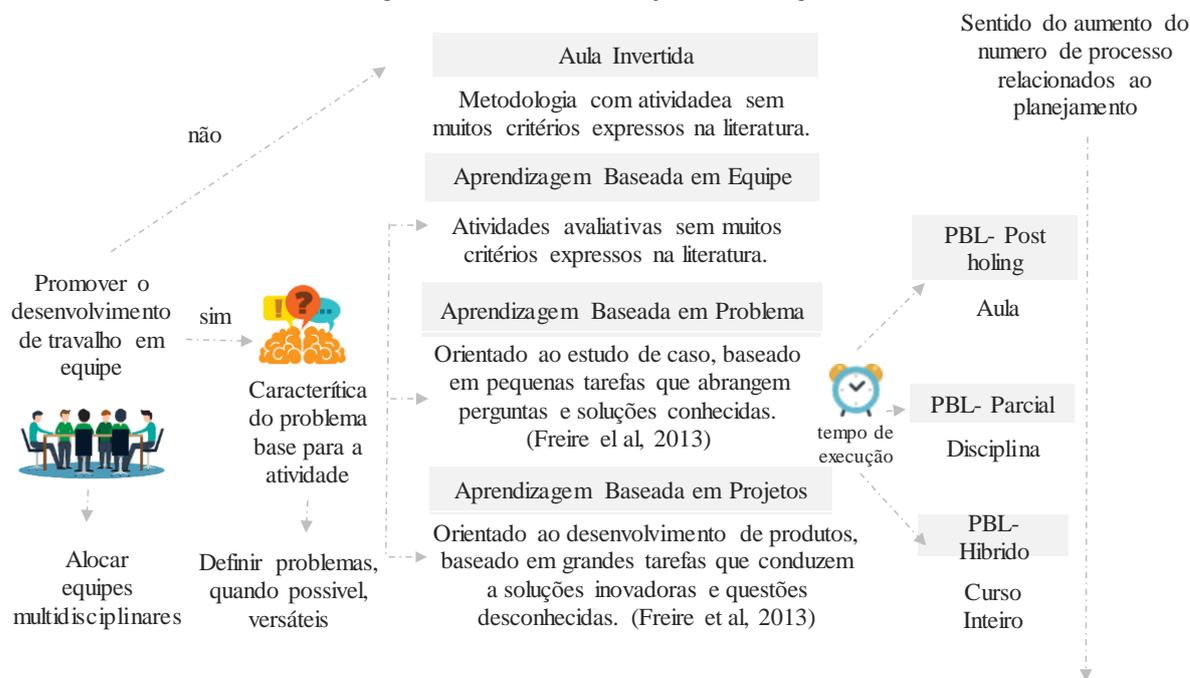
Em função das competências estruturadas, os recursos de ensino podem ser selecionados. Para facilitar os processos de atenção, motivação e memória, sugere-se selecionar materiais que estejam relacionados ao perfil do aluno (informações pessoais e perfil cognitivo). Os formatos de materiais (vídeos, textos e etc) estão relacionados com os estilos de aprendizagem (visual, auditivo e sinestésico). Enquanto associar os materiais a experiências pessoais, otimiza os processos de memória.

Atualmente existem diversas metodologias ativas disponíveis na literatura, tais como: (a) Aprendizagem Baseada em Projetos: esta metodologia utiliza projetos para promover a aprendizagem relacionando conhecimento a investigação (KOLMOS; DE GRAAFF, 2014.); (b) Aprendizagem Baseada em: é uma estratégia de ensino que usa o problema para motivar,

iniciar e promover a aprendizagem (WOOD, 2003), (c) Aprendizagem Baseada em Equipe: método colaborativo de ensino, aplicado em grupos (LAMM et al., 2014), (d) Sala Invertida: estratégia de ensino que propõe a inversão dos modelos tradicionais, na qual os estudos são realizados em casa e as atividades em sala (AŞIKSOY; ÖZDAMLI, 2016).

As metodologias descritas apresentam um aumento crescente no número de processos (alocação de equipe e complexidade do problema) que envolvem o planejamento. Além disso, o tempo de execução podem ser apropriados para aplicação em uma aula, disciplina ou curso, conforme expressa a Figura 3. Tendo em vista essas diferenças, o gestor do processo, sem experiência com o uso de metodologias ativas pode iniciar com as metodologias mais simples e conforme for adquirindo experiência podem gradativamente, mudar para as metodologias mais complexas. O aumento da complexidade das disciplinas descritas está diretamente relacionado com o aumento das competências adicionais desenvolvidas pelo aluno (habilidades de pesquisa, trabalho colaborativo, pensamento holístico e outras) e possíveis benefícios a instituição (desenvolvimento de inovação).

Figura 3 – Critérios de seleção metodológica



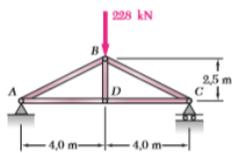
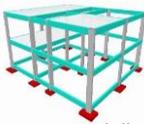
Fonte: Autoria própria

A proposta de modularização em competências, que envolve a codificação e definição de disciplinas e competências com interfaces, acelera o processo de modificação de metodologias. Assim, disciplinas com interfaces de competências podem iniciar o desenvolvimento de projetos integradores até um momento em que os gestores do processo, sente-se confiantes em reestruturar o módulo de um curso ou até um curso inteiro em metodologias ativas.

No processo de alocação de equipes é utilizado o critério de multidisciplinaridade, considerando o perfil dos alunos analisados na etapa anterior. Desta forma, será possível promover o desenvolvimento da habilidade de trabalhar em equipes com pessoas de perfis diferentes. Além de obedecer aos critérios definidos pela metodologia adotada, a definição dos problemas deve, na medida do possível, obedecer a versatilidade. Assim, além de promover o desenvolvimento de competência, a solução do problema deverá ter a possibilidade de agregar valor econômico (geração de inovação e patentes), acadêmico (publicação de artigos) e

benefício social. Um exemplo de problemas para disciplina Resistência dos Materiais 1 para cada metodologia citada é apresentado na Figura 4.

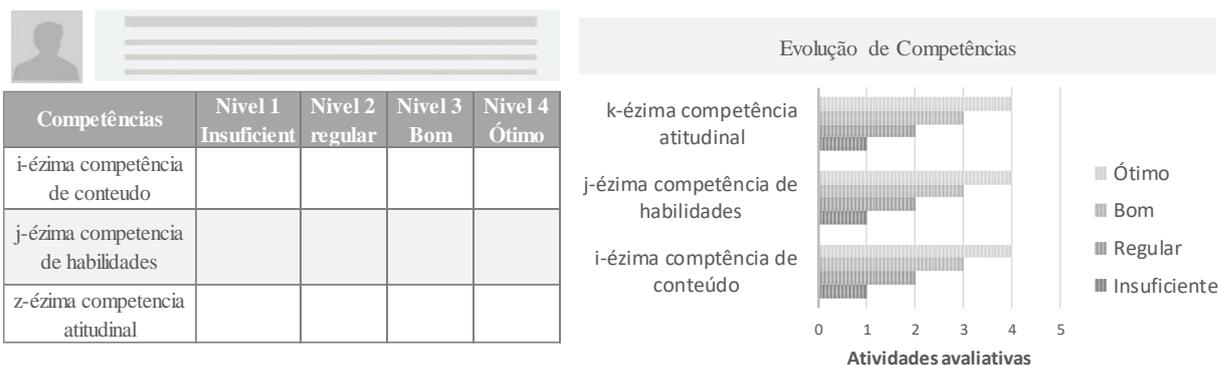
Figura 4 - Aplicações da metodologia

Aula Invertida e Aprendizagem Baseada em Equipe	Aprendizagem Baseada em Problemas	Aprendizagem Baseada em Projetos
 <p>Para a treliça de aço (E 200 GPa) e o carregamento mostrado, determine as deformações dos componentes AB e AD, sabendo que suas áreas de seção transversal são, respectivamente, 2 400 mm² e 1 800 mm². Fonte do problema: (BIER, 2011)</p>	 <p>Um empresa especializada em calculo estrutural foi contratada para avaliar mudanças executivas no projeto. Durante a execução, alguns pilares foram construídos com concreto de resistência inferior ao projetado e o aço com resistência superior. As informações do projeto antigo são disponibilizadas a empresa contratada.</p>	 <p>Snap fit (JI and LEE, 2011) Atualmente existe a necessidade crescente do desenvolvimento de sistemas de conceções de pacas que sejam: resistentes e que otimize o tempo de produção (encaixe das placas). Assim, neste projeto deve-se propor geometria e material de um sistemas de conexão que atenda a estas necessidades.</p>

Fonte: Autoria própria

O ESAE propõe um sistema de avaliação dinâmico e integrado aos processos de aprendizagem. Além de qualificar o nível de aprendizagem, as avaliações devem identificar lacunas de aprendizagem e permitir acompanhamento em tempo real. Assim, as lacunas de aprendizagem podem ser utilizadas para reorientar processos. Para cumprir tal objetivo, propõe-se um sistema de avaliação de competências baseado em critérios expressos e avaliáveis em níveis, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Sistema de avaliação dinâmica e integrada aos processos de aprendizagem



Fonte: Autoria própria

O processo de avaliação deve ser modularizado em competência para permitir a identificação das reais deficiências do aluno. Assim, é possível avaliar se a deficiência está no porte de informação (competências de conteúdo) ou em um comportamento necessário a aplicação dos conhecimentos (competências de habilidades). Além disso, o sistema é baseado em critérios qualitativos, sendo possível reorientar melhor os processos de aprendizagem. Um exemplo de aplicação do sistema de avaliação do ESAE na disciplina Resistência dos Materiais 1, conforme as competências do Quadro 1, é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Exemplo do sistema de avaliação do ESAE na disciplina Resistência dos Materiais

Competências	Critérios	Nível 01		Nível 02		Nível 03
		Insatisfatório	Satisfatório	Ótimo		
C1	Usou processos DCL - Diagrama de Corpo Livre, equações de equilíbrio e cálculo de tensões ?	Não	Ausência de conhecimentos necessários. Sugerir que aluno estude o conteúdo novamente	Sim	O aluno tem o conhecimento de C1 necessário.	-
	Aplicou as formulações adequadas ?					
H1	Desenvolveu o DCL - Diagrama de Corpo livre de foma adequada?	Não	Ausência de habilidades necessárias. O uso de recursos visuais a respeito do comportamento da estrutura pode ser apresentado para melhor desenvolvimento desta habilidade.	Sim	O aluno tem habilidades (H1 e H2) necessárias	-
H2	Avaliou adequadamente a aplicabilidade das hipóteses simplificadoras ?	Não				
A1	Dimensionou adequadamente a estrutura ?	Nível 1 para (C1, H1, H2)	Redimensionar a estrutura e comparar a solução errada com a correta. Esta comparação deve envolver a análise dos possíveis impactos econômicos, de segurança e para o aluno como profissional.	Nível 2 para (C1, H1, H2)	Aluno com falta de atenção: sugerir que o aluno desenvolva mecanismos para avaliar suas soluções, tal como o cálculo reverso de um variável conhecida através de dados calculados.	Acertou totalmente. Seguir para a próxima etapa.
				Não compatibilizou unidades		
				Erros de Digitação		

Fonte: Autoria própria

A aplicação de sistemas de avaliação pode ser realizada de forma: individual, em pares ou em grupo; oral e textual (relatórios e testes). O critério de escolha está relacionado a metodologia selecionada e as competências conceituais, atitudinais e de habilidades que se pretende avaliar.

4.3 Passo 3 – Orquestração e atualização de estado de competência

Nesta Etapa o planejamento elaborado é executado. Além disso, os níveis de competências são atualizados, ou seja, avaliados e disponibilizados aos alunos. Assim, os alunos podem acompanhar os progressos de aprendizagem de forma mais qualitativa, ficando explícitas, quais as competências que precisam ser melhoradas.

4.4 Passo 4 – Avaliação geral do sistema

A avaliação geral do sistema envolve análise de atualização de competências, a avaliação da efetividade do método e dos sistemas de avaliação utilizado. Além disso, nesta etapa os gestores do processo podem também se avaliar.

No contexto futuro, de mudanças dinâmicas, a atualização de competências requeridas é fundamental. Algumas disciplinas exigem a inserção de conhecimentos novos. Enquanto outras, consideradas como disciplinas de fundamentos, podem exigir a atualização de habilidades, tal como o uso de novas ferramentas e tecnologias de análise.

Analisar a efetividade do método e sistema de avaliação permite avaliar a adequação dos processos adotados. É possível avaliar a relação das experiências pessoais, perfil cognitivo com os processos adotados.

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A futura organização social e do trabalho exigirá de forma crescente processos de ensino sensíveis, adaptáveis e flexíveis as mudanças. Nesse sentido, a modelagem de processos de ensino e aprendizagem como um sistema adaptativo complexo permite a concepção deste processo, conforme as necessidades da Era Digital.

A estruturação modular do ESAE permite atualizações de competências atitudinais, de conteúdo e de habilidades de forma mais rápida. Outrossim, esta estruturação viabiliza desenvolvimento de projetos integrados de disciplinas com interface de competências a serem desenvolvidas. Outro benefício da modularização no processo de avaliação é a percepção das reais deficiências do aluno, ou seja, se está no porte da informação, no desenvolvimento de um comportamento desejável (habilidades) ou no alcance dos objetivos (atitudes).

Nessa perspectiva, o ESAE fornece meios para a identificação de lacunas de aprendizagem e permite o acompanhamento dos progressos de aprendizagem. Desta forma, possibilita que os educadores conduzam os processos de ensino de forma segura e eficaz. Além disso, é um suporte para evolução dos modelos de ensino tradicionais para os desejáveis, na era digital.

Em futuros trabalhos será desenvolvido um protótipo de sistema embarcado, com automatização de alguns processos do ESAE. Nessa perspectiva, este futuro sistema viabilizará o teste experimental deste conceito metodológico.

Agradecimentos

Agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior –CAPES pelo apoio financeiro.

6 REFERÊNCIAS

- AŞIKSOY, Gülsüm; ÖZDAMLI, Fezile. Flipped Classroom adapted to the ARCS Model of Motivation and applied to a Physics Course. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 12, n. 6, 2016.
- BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, Dácio Guimarães. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. In: International Conference on Engineering and Technology Education, Cairo. **Anais**. Egito. 2014. p. 110-116.
- BEER, Ferdinand P. et al. **Mecânica dos Materiais**. 5ª edição, AMGH Editora, 2011.
- BONEKAMP, Linda; SURE, Matthias. Consequences of Industry 4.0 on human labour and work organisation. **Journal of Business and Media Psychology**, v. 6, n. 1, p. 33-40, 2015.
- BOUARAB-DAHMANI, Farida; TAHI, Razika. New Horizons on Education Inspired by Information and communication technologies. **Procedia-social and behavioral sciences**, v. 174, p. 602-608, 2015.
- CHIVA-GÓMEZ, Ricardo. The facilitating factors for organizational learning: bringing ideas from complex adaptive systems. **Knowledge and process management**, v. 10, n. 2, p. 99-114, 2003.
- FREIRE JR, José C. et al. Desafios da educação em engenharia: Formação em engenharia, internacionalização, experiências metodológicas e proposições. **Brasília: ABENGE**, 2013.
- GABRIEL, Martha Carrer Cruz. **Educ@r - A revolução digital na educação**. 1ª edição. São Paulo: Saraiva. 2013

- IPEK, Ismail; ZIATDINOV, Rushan. New approaches and emerging trends in educational technology for learning and teaching in academia and industry: a special issue. **European journal of contemporary education**, n. 6, p. 182-184, 2017.
- JI, Jingjing; LEE, Kok-Meng; ZHANG, Shuyou. Cantilever snap-fit performance analysis for haptic evaluation. **Journal of Mechanical Design**, v. 133, n. 12, p. 121004, 2011.
- JUNIOR, Claudio Cura et al. Uma ferramenta adaptativa de avaliação da aprendizagem, baseada no perfil cognitivo e metacognitivo do estudante. **Revista de Informática Aplicada**, v. 3, n. 2, 2010
- KOLMOS, Anette; DE GRAAFF, Erik. Problem-based and project-based learning in engineering education. **Cambridge handbook of engineering education research**, p. 141-161, 2014.
- LEITE, Maria Silene Alexandre. Proposta de uma modelagem de referência para representar sistemas complexos. 2004. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MOROWITZ, Harold J. **The mind, the brain and complex adaptive systems**. Routledge, 2018.
- PEREIRA, Ana Cláudia Ribeiro.; ROMERO, Fernando. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1206-1214, 2017.
- SHING, Yee Lee; BROD, Garvin. Effects of prior knowledge on memory: Implications for education. **Mind, Brain, and Education**, v. 10, n. 3, p. 153-161, 2016.
- SLOAN, Dendy; NORRGRAN, Cynthia. A neuroscience perspective on learning. **Chemical Engineering Education**, v. 50, n. 1, p. 29-37, 2016.
- TVENGE, Nina; MARTINSEN, Kristian. Integration of digital learning in industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 23, p. 261-266, 2018..
- WOOD, Diana F. ABC of learning and teaching in medicine: Problem based learning. **BMJ: British Medical Journal**, v. 326, n. 7384, p. 328, 2003.

SAET - SYSTEMATIC, ADAPTIVE AND EXPERIMENTAL TEACHING: A NEW INTERACTIVE APPROACH TO MANAGING LEARNING ENVIRONMENTS IN THE DIGITAL AGE

Abstract: *The digital age, with new dynamics and based on new technological concepts, has rapidly and profoundly modified the systems of production, services and the organization of work. Unprecedented continuous changes are the main feature of this period. Education systems need to have the sensitivity and ability to adapt to these changes. However, in recent years an arsenal of teaching methodologies and technologies has been made available, with disparate implementations and results. There is a need for methodological support able to assist in educational management in order to allow the effective implementation and safe evolution of future and necessary teaching and learning environments. In this context, this work proposes a method, based on the Theory of Complex Adaptive Systems, to assist the management of education systems of engineering courses and technological foundations, in the Digital Era. Named as Systematic, Adaptive and Experimental Teaching - ESAE, this method provides guidelines for resource selection, implementation, evaluation and evolution of modular, flexible, versatile and adaptable adaptive teaching systems.*

Key-words: *Teaching, Learning, Digital age, Complexity.*