
NOVO PERFIL DE FORMAÇÃO PARA OS(AS) ENGENHEIROS(AS) POR MEIO DA INCORPORAÇÃO DAS COMPETÊNCIAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO ENSINO DE ENGENHARIA

Solange Maria Loureiro, Vera Lúcia Duarte do Valle Pereira e Waldemar Pacheco Júnior

RESUMO

Os(as) engenheiros(as) têm uma relação direta com a produção de conhecimento e de tecnologias que impactam a sociedade e o meio ambiente. Portanto, torna-se imprescindível que seu perfil de formação permita que, além de sua capacitação técnica, sejam conscientes de seu papel social para que saibam lidar com os aspectos sociais e ambientais das tecnologias. Nesse contexto este trabalho, de caráter exploratório-descritivo, visa refletir acerca

das competências para a sustentabilidade que poderiam auxiliar essa formação. Verificou-se que as competências de pensamento sistêmico, pensamento crítico, interdisciplinaridade, identificação dos impactos de sua atuação como engenheiro(a) sobre os sistemas sociais e ambientais e valores e ética estão dentre as competências apontadas para que o ensino de engenharia possa contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Introdução

A educação para o desenvolvimento sustentável (EDS) ou educação para a sustentabilidade (EpS) passou a ser preconizada internacionalmente pela Organização das Nações Unidas (ONU) e viabilizada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a

Cultura (UNESCO) a partir de 2002, e tem como meta beneficiar as pessoas com uma educação em que seus valores e comportamentos possam gerar e gerir sociedades sustentáveis. Assim, é objetivo da EDS fazer com que os princípios, valores e práticas relativas ao desenvolvimento sustentável (DS) façam parte da educação e

aprendizagem em todos os países. O foco da EDS/EpS é a formação para a cidadania participativa (Unesco, 2005). Desta forma, vários países passaram a direcionar seus sistemas de ensino para atender as prerrogativas internacionais integrando a EDS aos vários níveis de ensino (Jickling e Wals, 2008; Wright, 2009; Cortese e

Hattan, 2010; Manteaw, 2010; Dobson *et al.*, 2010).

No contexto da EDS, a educação de nível superior tem um papel prioritário à medida que os futuros profissionais são os que trabalharão com os recursos sociais, ambientais e econômicos e, portanto, precisam perceber sua função na busca por transformações sociais e melhoria de

PALAVRAS CHAVE / Competências / Desenvolvimento Sustentável / Educação / Ensino de Engenharia /

Recebido: 11/03/2014. Modificado: 14/10/2014. Aceito: 27/10/2014.

Solange Maria Loureiro. Engenheira de Produção, Mestre em Educação e Doutoranda em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil. Professora, Instituto Federal de Santa

Catarina (IFSC), Brasil. Endereço: IFSC, Avenida Mauro Ramos, 950-Centro, Florianópolis, Santa Catarina, CEP 88020-300, Brasil. e-mail: solange@ifsc.edu.br
Vera Lúcia Duarte do Valle Pereira. Engenheira

Industrial, UFSC, Brasil. Mestre em Engenharia Industrial, University of Houston, EEUU. Doutora em Engenharia Mecânica, UFSC, Brasil. Professora, UFSC, Brasil. e-mail: vera@floripa.com.br

Waldemar Pacheco Júnior. Engenheiro de Alimentos, Mestre e Doutor em Engenharia de Produção, UFSC, Brasil. Professor e consultor em Engenharia de Segurança do Trabalho. e-mail: pjr.w@hotmail.com

NEW PROFILE TRAINING FOR ENGINEERS THROUGH INCORPORATION OF COMPETENCES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN ENGINEERING EDUCATION

Solange Maria Loureiro, Vera Lúcia Duarte do Valle Pereira and Waldemar Pacheco Júnior

SUMMARY

Engineers have a direct relationship with the production of knowledge and technologies that impact society and the environment. Therefore, it is essential that their training profile allow, in addition to technical skills, the awareness of their social role so as to be able to deal with the social and environmental aspects of the technologies. In this context, this paper, of an exploratory-descriptive character, aims to reflect

on the competences for sustainability that could assist in this training. It was found that the competences of systemic thinking, critical thinking, inter-disciplinarity, identification of the impacts of their work as an engineer on the social and environmental systems, and values and ethics, are among the competences identified for engineering education to contribute to sustainable development.

NUEVO PERFIL FORMATIVO PARA INGENIEROS(AS) POR MEDIO DE LA INCORPORACIÓN DE COMPETENCIA PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

Solange Maria Loureiro, Vera Lúcia Duarte do Valle Pereira y Waldemar Pacheco Júnior

RESUMEN

Los ingenieros(as) tienen una relación directa con la producción de conocimiento y de tecnologías que impactan la sociedad y el medio ambiente. Por lo tanto se torna imprescindible que su perfil de formación permita que, además de su capacitación técnica, sean conscientes de su rol social para que sepan trabajar con los aspectos sociales y ambientales de las tecnologías. En este contexto este trabajo, de carácter exploratorio descriptivo, tiene como objetivo re-

flexionar acerca de las competencias para la sustentabilidad que podrían auxiliar en esa formación. Se encontró que las competencias de pensamiento sistémico, pensamiento crítico, interdisciplinaria, identificación de los impactos de su actuación como ingeniero(a) sobre los sistemas sociales y ambientales, y valores y ética, están entre las competencias apuntadas para que la enseñanza de ingeniería pueda contribuir con el desarrollo sustentable.

bem-estar para as pessoas das gerações atuais e futuras. Assim, torna-se necessário que no ensino superior as pessoas sejam formadas com conhecimentos, habilidades e atitudes (competências) que lhes permitam auxiliar na construção de sociedades sustentáveis. Em nível internacional, a EDS no ensino superior passou a ser viabilizada por meio de iniciativas, acordos e declarações que foram assumidas por várias universidades ao redor do mundo (Cortese, 2003; Couto *et al.*, 2005; Carletto *et al.*, 2006; Lozano, 2006; Wright, 2009; Cortese e Hattan, 2010; Jacobi *et al.*, 2011).

No ensino de engenharia tem-se trabalhado, em nível internacional, com a inclusão das competências para o DS ou para a sustentabilidade nesta formação, por entender-se que os(as) engenheiros(as) têm uma relação direta com a produção de conhecimento e de tecnologias que impactam a sociedade e o meio

ambiente, exigindo um novo tipo de engenheiro(a) que seja consciente de seu papel social, além de seu compromisso técnico e que saiba lidar com os aspectos sociais das tecnologias (Barth *et al.*, 2007; Segalàs, 2008; Mulder *et al.*, 2010; Quelhas *et al.*, 2011; Rieckmann, 2012; Watson *et al.*, 2013). Na Comunidade Europeia, em relação à área de engenharia, houve um grande desenvolvimento de propostas de inclusão da EDS em seus currículos por meio da obtenção de competências-chave para a sustentabilidade, aquelas que, independente do contexto, são consideradas essenciais para todos os indivíduos dentro de determinado cenário normativo para implementar importantes metas sociais exigindo, portanto, alto grau de flexibilidade individual (Barth *et al.*, 2007; Segalàs, 2008; Rieckmann, 2012). Dessa forma, é por meio da incorporação das competências-chave para a sustentabilidade que

algumas partes interessadas (*stakeholders*) estão propondo mudanças no perfil de formação em engenharia.

Metodologia

Este estudo utilizou a técnica da pesquisa bibliográfica para explorar o tema da pesquisa e revelar as competências para a sustentabilidade presentes na educação em engenharia (Marconi e Lakatos, 2010). A revisão da literatura foi fundamentada em dados obtidos em artigos de periódicos, publicados em revistas acadêmicas (*journals*), em anais de congressos, encontros e similares, e em alguns livros. A pesquisa foi realizada no Google Acadêmico por meio da combinação das palavras-chave ‘*Competencies*’, ‘*key Competencies*’, ‘*engineering education*’, ‘*Engineers*’, ‘*sustainable development*’, ‘*sustainability*’, ‘*education for sustainability*’ e ‘*education for sustainable developmen*’, em inglês, e ‘competências’ e

‘educação em engenharia’. em português. Os livros utilizados foram obtidos por meio de referências nos artigos pesquisados e conhecimento próprio sobre o assunto.

A Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) ou Educação para a Sustentabilidade (EpS)

Em 2002, durante a Conferência Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, em Joanesburgo, África do Sul, organizada pela ONU (também conhecida como Rio+10) passou-se a postular, em nível mundial, a implementação da EDS ou EpS. Para tanto, foi instituída a Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (DEDS), a começar em janeiro de 2005 e terminar em 2014. O objetivo da DEDS é fazer com que os princípios, valores e práticas relativas ao DS passem a fazer parte da educação e aprendizagem em todos os países (Segalàs *et al.*, 2009).

A EDS propõe que as pessoas sejam beneficiadas por uma educação em que os valores e os comportamentos sejam compatíveis com um futuro sustentável, para tanto necessita, segundo a Unesco: “ser interdisciplinar e holística; visar à aquisição de valores; desenvolver o pensamento crítico e a capacidade de encontrar solução para os problemas; recorrer à multiplicidade de métodos; estimular o processo participativo de tomada de decisão; ser aplicável; estar estreitamente relacionada com a vida local (Unesco, 2005: 19).

Nesse contexto, para superar o paradigma atual, a EDS deve pautar-se na dimensão ética, visando ao questionamento dos valores e das práticas das sociedades atuais e, também, identificando e construindo novos consensos estabelecidos pela participação social, ética da responsabilidade e defesa da vida (Jacobi, 2005; Barbieri e Silva, 2011). A superação do paradigma atual, que se sustenta nos princípios da determinação, da separação, da redução e da lógica clássica, requer, ainda, que a EDS seja construída pelos princípios da complexidade e da interdisciplinaridade. A complexidade percebe o mundo como um evento aberto ao novo e ao inesperado, no qual os diversos elementos se interconectam, gerando características singulares tanto quanto universais (Jacobi, 2005; Jacobi *et al.*, 2011). Para que a EDS responda aos problemas complexos, precisa ser capaz de rever velhos modelos e buscar novas concepções individuais e coletivas, sociais e ambientais. A complexidade dos problemas atuais relaciona-os a várias áreas do conhecimento e em várias dimensões, assim só conseguem ser apreendidos se vistos de forma interdisciplinar, na qual ocorre a integração das várias áreas e dimensões, e não apenas a reunião das mesmas (Lima, 2003).

O contexto da EDS/EpS para o ensino superior

O desafio da educação superior para adotar a EDS está colocado em um cenário de

mercado globalizado e competitivo, no qual o capitalismo se reinventa por meio da globalização e da competitividade, exigindo mais nível educacional dos trabalhadores (Santos, 2008). Nesse contexto, a educação superior é muitas vezes confundida e realizada como treinamento para o que o mercado determina. Entretanto, é por meio da educação superior que novos profissionais passam a atuar, logo, influenciam a maneira como as gerações atuais e as futuras lidam com as questões sociais, ambientais e econômicas. Acredita-se ser possível que a educação superior possa estabelecer formações que possibilitem uma nova forma de os seres humanos se relacionarem entre si e com a natureza, por meio de uma ética que priorize a dimensão coletiva (Jacobi, 2005; Tozoni-Reis, 2011).

Assim, corrobora-se o entendimento de educação apontado no Capítulo 36 da Agenda 21 (ONU, 1995), que considera a educação como um processo por meio do qual as pessoas e as sociedades podem alcançar o seu desenvolvimento, entendido como ampliação das suas potencialidades e não apenas crescimento econômico. Para tanto, a educação superior necessita preparar os graduandos com conhecimentos, habilidades e atitudes que lhes permita ajudarem a transformar seus locais de trabalho e a viverem como cidadãos globais responsáveis (Ferrer Balas *et al.*, 2008; Cortese e Hattan, 2010). Contudo, para que a sustentabilidade se torne uma meta para a educação superior, precisa superar algumas barreiras, que podem ser internas às universidades, ligadas às suas estruturas e cultura e/ou externas a elas, relacionadas com a liberdade do corpo docente, a estrutura de incentivos, a falta de vontade de mudar e a pressão da sociedade (Lozano, 2006; Ferrer Balas *et al.*, 2008; Wright e Horst, 2013).

Nesse contexto, em nível internacional, passou-se a construir a educação superior para a sustentabilidade por meio de vários instrumentos e

declarações assinadas por diversas universidades ao redor do mundo. Na Comunidade Europeia, criou-se o Espaço Europeu de Educação Superior (EEES), que visa propiciar uma educação comprometida com a EDS nas instituições de ensino superior (IES) naquela comunidade (Wright, 2002; Edwards *et al.*, 2007; Martínez Agut *et al.*, 2007; Rohweder e Virtanen, 2009; Ull Solís *et al.*, 2010). Ainda, em nível internacional surgiram outras iniciativas com vistas a implementar o ensino superior para o desenvolvimento sustentável, como, por exemplo, a Parceria de Sustentabilidade Global para o Ensino Superior (GHESP), a Associação Internacional de Universidades (IAU) e a Organização Internacional de Universidades para o Desenvolvimento Sustentável e o Meio Ambiente (OIUDSMA), dentre outras. Essas iniciativas inspiraram vários congressos, encontros e conferências que evidenciam o interesse da educação superior em discutir os rumos da educação voltada ao DS (Segalàs, 2008; Layrargues, 2012).

Para Segalàs *et al.* (2010) e Rieckmann (2012), as universidades constituem-se em atores-chave para a implementação do DS devido ao elo que formam entre a geração e a disseminação de conhecimento para a sociedade por meio de suas atividades de ensino, pesquisa e extensão. Para tanto, é necessário que as universidades foquem a aquisição de competências-chave para a sustentabilidade na formação em nível superior.

O contexto da EDS/EpS para o ensino de engenharia

No contexto da educação superior, os engenheiros têm uma relação direta com a produção de conhecimento e tecnologias que impactam a sociedade e o meio ambiente. Dessa forma, é imprescindível se formarem engenheiros que projetem tecnologias e atividades econômicas que sustentem em vez de degradarem o ambiente natural e melhorem a saúde e

o bem-estar humano (Segalàs, 2008; Hanning *et al.*, 2012). Assim, é necessário um(a) engenheiro(a) que seja consciente de seu papel social além de seu compromisso técnico e que saiba lidar com os aspectos sociais das tecnologias (Linsingen *et al.*, 2003; Segalàs, 2008; Tonini e Dutra, 2009; Mulder *et al.*, 2010; Quelhas *et al.*, 2011; Hanning *et al.*, 2012). Tem sido por meio da incorporação de competências para a sustentabilidade no perfil de formação em engenharia que se tem procurado mudar esse ensino em vários países. Assim, algumas propostas de competências para a sustentabilidade têm sido apresentadas por diferentes partes interessadas, pesquisadores, agências de acreditação, governos, associações, dentre outras. Contudo, a maioria das abordagens se concentra em conteúdo curricular e plano de estudos, com pouca atenção à concepção curricular (processo muito mais amplo) que possa facilitar a aquisição dessas competências (Barth *et al.*, 2007; Segalàs, 2008; Mulder *et al.*, 2010; Rieckmann, 2012).

Competências

O conceito de competência, apesar de usado em décadas anteriores, evidenciou-se no contexto mundial a partir da década de 1980 na qual a competitividade passou a exigir mais das organizações em termos de flexibilização da produção e reestruturação das ocupações (Fleury e Fleury, 2001; Ramos, 2002; Novicki e Gonzales, 2003). Assim, foi no contexto empresarial, que durante essa década o conceito de competência encontrou seu campo fértil.

Embora o conceito de competência seja utilizado por diversas áreas de conhecimento, que o adaptam conforme suas especificidades, bem como lhe agregam conotações epistemológicas, filosóficas e políticas relacionadas às intenções que subjazem a sua utilização, há um aspecto relacionado a esse conceito que parece manter-se, qual seja, a mobilização de recursos

para a execução de tarefas. Assim, competência, para Perrenoud, pode ser entendida como “a faculdade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos (saberes, capacidades, informações etc) para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações” (como citado em Gentile e Bencini, 2000: 19). Para tanto, as competências devem envolver, segundo Dolz e Ollagnier (2004), um conjunto de operações mentais (percepções, especificações, combinações, avaliações, antecipações, transposições, generalizações) que permitam a transformação do conhecimento e não apenas o seu deslocamento. Além de envolver recursos (qualidades) pessoais, para Zarifian (2003), a competência não é exercida sem a mobilização de recursos do ambiente (organizacional, natural, social, dentre outros).

As competências na educação

O conceito de competência, no qual aparecem as dimensões conhecimentos, habilidades e valores, é, no campo educacional, bastante utilizado. A promoção do uso das competências nos sistemas escolares vem sendo coordenada e ‘incentivada’, nos vários países, desenvolvidos ou em desenvolvimento, por organismos internacionais, dentre eles, a ONU, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), dentre outros. A ONU, por meio da UNESCO, tem produzido documentos que visam nortear as estratégias de implementação de mudanças nos sistemas educacionais, bem como promove encontros mundiais para coordenar essas implementações. A partir da década de 1990, esses documentos e encontros objetivavam orquestrar o uso de competência como forma de organização curricular (Rasco, 2011).

Assim, com relação às competências foram definidas algumas denominadas de competências-chave, entendidas como

aquelas que mobilizam elementos com os quais a maioria das pessoas interage em suas vidas para a realização de tarefas rotineiras ou profissionais. Neste contexto, foram elaborados, no âmbito da Comunidade Europeia, alguns documentos, os quais visam direcionar as ações nos sistemas educacionais daquela comunidade para a formação em competências-chave para os níveis de formação básica e superior (Rasco, 2011).

Em se tratando da educação de nível superior, no que concernem às competências, a Europa, também, tem diretrizes que norteiam esse nível escolar e as fomentam, atualmente, por meio do Espaço Europeu de Educação Superior (EEES), surgido com o Tratado de Bolonha. Há, no EEES, discussões e indicações para desenvolver o ensino superior na Comunidade Europeia com vistas a torná-lo equiparável entre os países e orientar o conteúdo dos estudos para aumentar a empregabilidade. Para atingir estes objetivos, foi criado o Projeto *Tuning Educational Structures in Europe* (TUNING), que se propõe a oferecer às universidades europeias esquemas de modelos curriculares essenciais e padronizados por meio de competências, conforme preconizado pelo Tratado de Bolonha, possibilitando a comparação entre titulações e validação de créditos de transferências entre cursos de diferentes universidades e/ou países (Rasco, 2011).

As competências para o desenvolvimento sustentável ou para a sustentabilidade

A ONU, por meio da UNESCO, vem desde 2002, promovendo em nível mundial a EDS/EpS como uma forma de operacionalizar o que apreço o Capítulo 36 da Agenda 21, denominado de ‘Conscientização da Educação Pública e Formação’. O item 36.3 desse capítulo reforça o papel, tanto do ensino formal quanto informal, como indispensável para modificar a atitude das pessoas

no sentido de capacitá-las para avaliarem os problemas do desenvolvimento sustentável, utilizando valores e atitudes éticas na abordagem dos mesmos, visando à participação pública nas tomadas de decisões. Assim, segundo Aznar Minguet e Ull Solís (2009), a justiça, a solidariedade, a equidade e o respeito à diversidade são condições necessárias aos modelos éticos para o desenvolvimento humano ambiental e socialmente sustentável, o que requer uma mudança nos modelos interpretativos de relações entre os seres humanos e o meio ambiente natural e sociocultural.

Nesse contexto, surgem as competências para a sustentabilidade definidas por Geli (2004) como “...um conjunto complexo e integrado de conhecimentos, destrezas, habilidades, atitudes e valores que as pessoas utilizam em distintos contextos (sociais, educativos, laborais, familiares) para resolver situações relacionadas com a problemática do desenvolvimento, assim como para operar e transformar a realidade com critérios de sustentabilidade” (conforme citado em Aznar Minguet e Ull Solís, 2009: 229; tradução dos autores).

Em relatório sobre o panorama mundial da EDS, publicado pela *Swedish International Development Cooperation Agency* (SIDA), da Suécia, Wals e Kieft (2010) apontam que as competências para a sustentabilidade dizem respeito às capacidades que as pessoas precisam adquirir para lidarem com os desafios da sustentabilidade, e apresentam, nesse relatório, algumas contribuições teóricas sobre essas competências. A Tabela I apresenta as contribuições sobre competências para o DS ou sustentabilidade com base no levantamento realizado por Wals e Kieft (2010).

As competências apresentadas na Tabela I evidenciam algumas semelhanças, porém, não são consensuais. Nas contribuições sueca e holandesa as competências para a sustentabilidade são consideradas como uma base de

conhecimentos relevantes que capacite as pessoas a pensar, agir e assumir responsabilidades dentro de uma perspectiva holística e global das condições de vida na Terra. A contribuição alemã, por sua vez, denomina-se *Gestaltungskompetenz* (competências de formação), que significa a capacidade de as pessoas devem ter para atuarem e tomarem decisões futuras, por meio de conclusões obtidas em estudos atuais e passados, as quais envolvem as dimensões social, ambiental e econômica, em suas várias relações de interdependências. Além disso, serem capazes de entenderem essas decisões em nível individual e coletivo (Wals e Kieft, 2010). As competências para a sustentabilidade são consideradas genéricas, pois apontam, conforme Mochizuki e Fadeeva (2010), para uma série de competências necessárias –que podem não ser universais, uma vez que o contexto (social, cultural, profissional, institucional) não pode prescindir de competências, definidas pelas demandas da sociedade– que visem à atuação das pessoas de forma reflexiva e cooperativa para o desenvolvimento sustentável. Essas competências remetem ao papel do ensino para promover a formação, sobretudo, do indivíduo, permitindo que a pessoa seja capacitada para lidar com situações complexas refletindo sobre suas ações e tomando decisões em acordo com padrões éticos.

Um conceito que tem se evidenciado com relação às competências para o desenvolvimento sustentável, principalmente no EEES, é o de competências-chave para a sustentabilidade (Barth *et al.*, 2007; Segalàs *et al.*, 2009; Mulder *et al.*, 2010; Wiek *et al.* 2011; Cruickshank *et al.*; Fenner, 2012; Hanning *et al.*; 2012; Rieckmann, 2012;). Entende-se por competências-chave aquelas “...competências multifuncionais, que independentes do contexto, são consideradas particularmente cruciais para implementar metas sociais importantes em um quadro normativo definido

TABELA I
 ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES SOBRE COMPETÊNCIAS PARA O DS

Contribuição	Competências elencadas
Sueca	Aprendizado contínuo com os outros; cooperar além das fronteiras disciplinares e profissionais; pensar e analisar criticamente os problemas considerando as possibilidades e limitações da área profissional; e, pensamento complexo.
Holandesa	A compreensão de desenvolvimento sustentável; o pensamento sistêmico; a adoção de uma visão integral; a liderança pessoal e o empreendedorismo; o desbloqueio da criatividade; a valorização do caos e da complexidade; e, a promoção de mudança coletiva.
Alemã	Competência para pensar de forma prospectiva, para lidar com a incerteza, e com previsões, expectativas e planos para o futuro; Competência para trabalhar de forma interdisciplinar; Competência para abertura da mente, percepção, compreensão transcultural e cooperação; Competência participativa; Competência de planejamento e implementação; Capacidade de sentir simpatia, empatia e solidariedade; Competência para motivar a si mesmo e aos outros; Competência para refletir em uma forma distanciada sobre conceitos individuais e culturais.

Adaptado de Wals e Kieft (2010).

(sustentabilidade, por exemplo) e que são importantes para todos os indivíduos, exigindo um alto grau de reflexividade individual” (Rieckmann, 2012: 129; tradução dos autores).

Embora pareça não haver consenso sobre quais as competências-chave deveriam ser trabalhadas em nível de formação superior para a sustentabilidade, algumas se destacam. A Tabela II apresenta algumas das competências-chave elencadas por Wiek *et al.*, (2011) e Rieckmann (2012). O estudo de Rieckmann (2012) aponta para doze competências-chave para o ensino superior, no entanto, ele sugere como sendo as mais relevantes as que aparecem grifadas na Tabela II.

Percebe-se, por meio da Tabela II, que as competências de pensamento sistêmico e antecipatória são mencionadas pelos dois estudos como competências a serem trabalhadas no ensino superior para auxiliarem as pessoas a lidar com os problemas da

sustentabilidade. A competência em pensamento sistêmico está relacionada à capacidade de análise de sistemas complexos nas várias dimensões (social, ambiental, cultural, econômica, dentre outras), sendo importante na transição para a sustentabilidade. Por sua vez, a competência antecipatória designa a capacidade de analisar, avaliar e identificar coletivamente resolução de problemas futuros de sustentabilidade, permitindo a criação de estratégias de transição para a sustentabilidade. A competência normativa está ligada à capacidade de identificar e mapear coletivamente a situação de sustentabilidade atual, baseada em conhecimento normativo adquirido, que inclui trabalhar com os conceitos de justiça, integridade sócio-ecológica, equidade e ética, para recriar, se necessário, cenários alternativos para sistemas sustentáveis futuros. Assim, podem-se relacionar as competências normativas estabelecidas por Wiek *et al.* (2011) com as competências de

manuseio da complexidade e de pensamento crítico mencionadas por Rieckmann (2012). A competência estratégica envolve, conforme Wiek *et al.* (2011), a capacidade de resolver problemas de logística por meio da familiaridade com as situações do mundo real na resolução de questões de sustentabilidade enquanto que a interpessoal se relaciona com a capacidade para compreender, aceitar e facilitar a diversidade entre culturas, grupos sociais, comunidades e indivíduos. Dessa forma, a maneira como Wiek *et al.* (2011) conceituam as competências estratégica e interpessoal aproxima-se de algumas das competências encontradas por Rieckmann (2012), como, por exemplo, agir de forma justa e ecologicamente; planejamento e realização de projetos inovadores; cooperação em grupos (heterogêneos); participação; empatia e mudança de perspectiva. Assim, embora não haja consenso acerca das competências observam-se algumas semelhanças entre elas.

As competências para o desenvolvimento sustentável na engenharia

No contexto da engenharia, há propostas de várias partes interessadas (*stakeholders*), como pesquisadores, agências de acreditação, órgãos de governos, associações de engenharia e universidades, nas competências para a sustentabilidade que os engenheiros deveriam adquirir por meio de sua formação. A Tabela III apresenta algumas dessas competências obtidas por meio de artigos de autores europeus.

Observando-se a Tabela III verifica-se, segundo Segalás *et al.* (2009) e Wiek *et al.* (2011), que para a área de conhecimento da engenharia, considerando-se o EEES, encontram-se competências que, por vezes, utilizam nomenclaturas diferentes, o que dificulta compará-las. Verifica-se, também, que mesmo não havendo um rol de competências-chave para a sustentabilidade, consensual para a formação de engenheiros, algumas delas são

TABELA II
 COMPETÊNCIAS-CHAVE PARA A SUSTENTABILIDADE

Apresentadas por	Competências	Obtidas por meio de
Wiek <i>et al.</i> (2011)	pensamento sistêmico; antecipatória; normativa; estratégica; interpessoal.	artigos e livros de vários autores; documentos de sites de cinco universidades europeias.
Rieckmann (2012)	pensamento sistêmico; o manuseio da complexidade; o pensamento antecipatório; o pensamento crítico; agir de forma justa e ecologicamente; cooperação em grupos (heterogêneos); participação; empatia e mudança de perspectiva; trabalho interdisciplinar; comunicação e uso de mídias; planejamento e realização de projetos inovadores; avaliação; ambiguidade e tolerância à frustração.	um estudo Delphi envolvendo setenta especialistas em EDS de países europeus e latino-americanos

Adaptado de Wiek *et al.* (2011); Rieckmann (2012).

TABELA III

COMPETÊNCIAS PARA O DS ESTABELECIDAS POR DIFERENTES *Stakeholders* PARA O ENSINO DE ENGENHARIA

Apresentadas por	Competências	Estabelecidas por
Segalàs (2008)	Habilidade para projetar um sistema, componente ou processo para atender às necessidades desejadas dentro de restrições realistas econômicas, ambientais, sociais, políticas, de saúde, de ética, de segurança, de fabricação e de sustentabilidade; Compreensão da responsabilidade ética e profissional; Ampla educação necessária para entender o impacto das soluções de engenharia em um contexto global, econômico, ambiental e social.	Conselho de Acreditação de Engenharia e Tecnologia (ABET), de Baltimore, Ohio, USA (2007)
Segalàs (2008)	Operar e agir com responsabilidade, considerando as necessidade de progressos ambientais, sociais e econômicos como resultados simultâneos; Usar imaginação, criatividade e inovação para oferecer produtos e serviços que mantenham e melhorem a qualidade do ambiente e da comunidade, e cumpram objetivos financeiros; Compreender e incentivar a participação das partes interessadas.	Exigências do Conselho de Engenharia do Reino Unido (2005) quanto às competências dos engenheiros.
Edwards <i>et al.</i> (2007); Segalàs (2008);	Compreender como o seu trabalho interage com a sociedade e o meio ambiente, local e globalmente, a fim de identificar os potenciais desafios, riscos e impactos; Compreender a contribuição de seu trabalho em diferentes contextos culturais, sociais e políticos e considerar essas diferenças; Trabalhar em equipes multidisciplinares, a fim de adaptar as tecnologias atuais para as exigências impostas pelos estilos de vida sustentáveis, eficiência dos recursos, prevenção da poluição e gestão de resíduos; Aplicar uma abordagem holística e sistêmica para resolução de problemas e ser capaz de ir além de fragmentar a realidade em partes desconexas; Participar ativamente da discussão e definição de políticas econômicas, sociais e tecnológicas, para auxiliar a redirecionar a sociedade para um desenvolvimento mais sustentável; Aplicar o conhecimento profissional de acordo com os princípios deontológicos e de valores e ética universais; Ouvir com atenção às demandas dos cidadãos e outras partes interessadas (<i>stakeholders</i>) e deixar que eles tenham algo a dizer no desenvolvimento de novas tecnologias e infraestruturas.	Declaração de Barcelona (2004): evidenciando as capacidades que os engenheiros devem ter para auxiliar a sociedade na transição para a sustentabilidade.
Segalàs <i>et al.</i> (2009)	dimensão conhecimento e compreensão (situação atual do mundo, causas de insustentabilidade, fundamentos da sustentabilidade, ciência, tecnologia e sociedade, e, ferramentas para tecnologia sustentável); dimensão capacidades e habilidades (auto-aprendizagem, cooperação e transdisciplinaridade, resolução de problemas em desenvolvimento sustentável, pensamento sistêmico, pensamento crítico e participação social); dimensão atitudes (responsabilidade/compromisso, respeito/sentido ético/cultura de paz, e, preocupação/risco/consciência)	pesquisa envolvendo três universidades tecnológicas europeias (University of Technology Chalmers, da Suécia, Delft University of Technology, da Holanda e Technical University of Catalunya (UPC), da Espanha), as quais estabelecem as competências exigidas para os diplomados em engenharias.
Segalàs <i>et al.</i> (2012)	pensamento sistêmico; pensamento crítico; resolução de problemas em desenvolvimento sustentável; inter-transdisciplinaridade; e, valores e ética.	estudo conduzido com especialistas sobre sustentabilidade no ensino de engenharia.

Adaptado de Edwards *et al.* (2007); Segalàs (2008); Segalàs *et al.* (2009, 2012).

citadas por alguns autores como competências essenciais (chave) na formação desses profissionais, uma vez que se espera que eles(as) contribuam para o desenvolvimento sustentável das sociedades. Assim, o pensamento sistêmico, o pensamento crítico, a interdisciplinaridade, a identificação dos impactos de sua atuação como engenheiro(a) sobre os sistemas sociais e ambientais, e os valores e ética, estão dentre as competências apontadas para que o ensino de engenharia possa contribuir para o DS.

Considerações Finais

Tendo em vista que a EDS, segundo a Unesco (2005), deve propiciar que as pessoas sejam beneficiadas, nos vários níveis

de ensino, por uma educação que priorize os valores e os comportamentos compatíveis com um futuro sustentável, reconhece-se que o DS suscita uma educação que permita às pessoas lidarem com dilemas sociais complexos, que envolvem aspectos sociais, ambientais, econômicos, culturais, tecnológicos, dentre outros. Assim, a EDS deve configurar-se como um processo de formação de profissionais comprometidos com a busca de melhores relações entre a sociedade e o meio ambiente, amparado por princípios éticos como, por exemplo, justiça, solidariedade, equidade e o respeito à diversidade (biológica e cultural), coerentes com o desenvolvimento humano e ambiental sustentável (Aznar Minguet e

Ull Solís, 2009). Nesse contexto, o ensino superior tem um papel fundamental, uma vez que é função do mesmo formar pessoas que vão atuar na construção dessas sociedades por meio de mudanças no comportamento delas, enquanto indivíduos e profissionais. Além disso, cabe às instituições de ensino superior (IES), mais fortemente às universidades, promoverem a inovação social, científica e tecnológica, na busca pelo DS (Dam-Mieras, 2006; Aznar Minguet e Ull Solís, 2009; Vega *et al.*, 2009; Wals, 2013).

A inclusão da sustentabilidade no ensino de engenharia tem como fundamento o fato de que essa formação é, dentre tantas outras, uma das que mais afeta o seu entorno e a

vida das pessoas, pois o produto das transformações tecnológicas originadas em suas várias áreas impactam diretamente as pessoas e o ambiente. Assim uma formação em engenharia que vá ao encontro do DS precisa se respaldar na geração de competências para a sustentabilidade nos alunos, a fim de promover uma resposta aos desafios atuais que a sociedade impõe a essa formação por entender que essas competências poderão auxiliar os(as) engenheiros(as) a se tornarem mais conscientes e atuantes na construção de sociedades sustentáveis. Dessa forma, o pensamento sistêmico, o pensamento crítico, a interdisciplinaridade, a identificação dos impactos de sua atuação como engenheiro(a) sobre os sistemas

sociais e ambientais e valores e ética estão dentre as competências apontadas para que o ensino de engenharia possa contribuir para o desenvolvimento sustentável (Barth *et al.*, 2007; Segalàs, 2009; Mulder *et al.*, 2010; Rieckmann, 2012, Watson *et al.*, 2013).

Porém, apesar de muitos esforços em várias partes do mundo, continua sendo um desafio à incorporação da sustentabilidade nos currículos de cursos de engenharia (Lozano, 2010). Também é um desafio tornar essa formação mais adequada às demandas da sociedade atual, na qual o entendimento das imbricações da engenharia com questões sociais, ambientais, econômicas, culturais se fazem presentes e devem reorientar as decisões que os futuros engenheiros precisam tomar (Linsingen *et al.*, 2003; Adeodato *et al.*, 2004; Menestrina e Bazzo, 2008; Carletto, 2011). Por isso, a incorporação da sustentabilidade nos currículos de engenharia requer uma mudança sistêmica na abordagem à educação e aos valores sociais. Exige, também, novas visões sobre o ensino e a aprendizagem a fim de gerar uma formação comprometida com competências que propiciem aos(as) futuros(as) engenheiros(as) atuarem criticamente e com responsabilidade social, entendendo de forma sistêmica o impacto de sua atuação (Huntzinger *et al.*, 2007; Tonini e Dutra, 2009; Carletto, 2011; Dwek *et al.*, 2011).

REFERÊNCIAS

- Adeodato MTPC, Silva MR, Shimbo I, Teixeira BAN (2004) O ensino da sustentabilidade em cursos de graduação em engenharia civil integrando pesquisa e extensão: a experiência da UFSCar. *Cong. Bras. Educação em Engenharia*, 09/2004. Brasília, Brasil.
- Aznar Minguet P, Ull Solís MA (2009) La formación de competencias básicas para el desarrollo sostenible: el papel de la Universidad. *Rev. Educ.* (Extraord.): 219-237.
- Barbieri JC, Silva D (2011) Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. *Rev. Admin. Mackenzie* 12(3): 51-82.
- Barth M, Godemann J, Rieckmann M, Stoltenberg U (2007) Developing key competencies for sustainable development in higher education. *Int. J. Sustain. Higher Educ.* 8: 416-430.
- Carletto MR, Linsingen IV, Delizoicov D (2006) Contribuições a uma educação para a sustentabilidade. *I Cong. Iberoam. Ciencia, Tecnologia, Sociedad e Innovación* (CTS+I). 19-23/06/2006. Cidade do México.
- Carletto MR (2011) *Avaliação de Impacto tecnológico: Reflexões, Fundamentos e Práticas*. UTFPR. Curitiba, Brasil. 246 pp.
- Cortese AD (2003) The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Plann. Higher Educ.* 31(3): 15-22.
- Cortese AD, Hattan AS (2010) Education for sustainability as the mission of higher education. *Sustainability* 3: 48-52.
- Couto AP, Alves MC, Matos AF, Carvalho PG (2005) Universidade na transição para a Sustentabilidade: Tendências, estratégias e práticas. *III Sem. Int. Rede Alfa Plangies*. 23-27/05/2005. Universidad Nacional de Costa Rica. Costa Rica.
- Cruickshank H, Fenner R (2012) Exploring key sustainable development themes through learning activities. *Int. J. Sustain. Higher Educ.* 13: 249-262.
- Dam-Mieras RV (2006) Learning for sustainable development: Is it possible within the established higher education structures? Em Holmberg J, Samuelsson BE (Eds.) *Drivers and Barriers for Implementing Sustainable Development in Higher Education* UNESCO. Paris, França. pp. 13-18.
- Dobson A, Quilley S, Young W (2010) Sustainability as competitive advantage in higher education in the UK. *Int. J. Environ. Sustain. Devel.* 9: 330-348.
- Dolz J, Ollagnier E (2004) A noção de competência: necessidade ou moda pedagógica. Em Dolz J, Ollagnier E (Orgs.) *O Enigma da Competência em Educação*. Artmed. Porto Alegre, Brasil. pp. 9-28.
- Dwek M, Coutinho H, Matheus F (2011) Por uma formação crítica em engenharia. *XXXIX Cong. Bras. Educação em Engenharia*. 03-06/10/2011. Blumenau/SC, Brasil.
- Edwards M, Álvarez-Sánchez D, Sánchez-Ruiz LM (2007) Engineering education and competences for sustainability education in Spain. *Int. Conf. Engineering Education*. 03-07/09/2007. Coimbra, Portugal.
- Ferrer Balas D, Adachi J, Banas S, Davidson CI, Hoshikoshi A, Mishra A, Motodoa Y, Onga M, Ostwald M (2008) An international comparative analysis of sustainability transformation across seven universities. *Int. J. Sustain. Higher Educ.* 9: 295-316.
- Fleury MTL, Fleury A (2001) Construindo o conceito de competência. *RAC* 5: 183-196.
- Gentile P, Bencini R (2000) Construindo competências: entrevista com Philippe Perrenoud, Universidade de Genebra. *Nova Escola* (Set. 2000): 19-31.
- Hanning A, Abelson AP, Lundqvist U, Svanström M (2012) Are we educating engineers for sustainability?: Comparison between obtained competences and Swedish industry's needs. *Int. J. Sustain. Higher Educ.* 1: 305-320.
- Huntzinger DN, Hutchins MJ, Gierke JS, Sutherland JW (2007) Enabling Sustainable Thinking in Undergraduate Engineering Education. *Int. J. Eng. Educ* 23: 218-230.
- Jacobi PR (2005) Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. *Educ. Pesq.* 31: 233-250.
- Jacobi PR, Raufflet E, Arruda MP (2011) Educação para a sustentabilidade: reflexão sobre paradigmas e práticas. *Rev. Admin. Mackenzie* 12: 21-50.
- Jickling B, Wals AEJ (2008) Globalization and environmental education: looking beyond sustainable development. *J. Curric. Stud.* 40: 1-21.
- Layrargues PP (2012) *Gestão Ambiental e Universidades: Um Caminho Pedagógico para a Sustentabilidade*. http://foruns.bc.unicamp.br/foruns/projetocotuca/biblioteca_virtual/arquivos/Phillipi.pdf. (Cons. 01/06/2013).
- Lima GC (2003) O discurso da sustentabilidade e suas implicações para a educação. *Amb. Soc.* [online]. 6: 99-119.
- Linsingen IV, Pereira LTV, Bazzo WA (2003) O enfoque CTS e a formação em engenharia: convergências curriculares. *Cong. Bras. Ensino em Engenharia*. 09/2003. Rio de Janeiro, Brasil.
- Lozano R (2006) Incorporation and institutionalization of SD into universities: breaking through barriers to change. *J. Clean. Prod.* 14: 787-796.
- Lozano R (2010) Diffusion of sustainable development in universities curricula: an empirical example from Cardiff University. *J. Clean. Prod.* 18: 637-644.
- Manteaw BO (2010) Education in global environmental politics: Why the discourse of education for sustainable development needs attention. *Int. J. Environ. Sustain. Devel.* 9: 74-90.
- Marconi MA, Lakatos EM (2010) *Fundamentos da Metodologia Científica*. 7ª ed. Atlas. São Paulo, Brasil. 297 pp.
- Martínez Agut MP, Minguet PA, Ull Solís A, Piñero A (2007) Promoción de la sustentabilidad en los currícula de la enseñanza superior desde el punto de vista del profesorado: un modelo de formación por competencias. *Educ. Siglo XXI* 25: 187-208.
- Menestrina TC, Bazzo WA (2008) Ciência, tecnologia e sociedade e formação do engenheiro: análise da legislação vigente. *R.B.E.C.T.* 1(2): 1-18.
- Mochizuki Y, Fadeeva Z (2010) Competences for sustainable development and sustainability: significance and challenges for ESD. *Int. J. Sustain. Higher Educ.* 11: 391-400.
- Mulder KF, Segalàs J, Ferrer Balas D (2010) Educating engineers for/in sustainable development? what we knew, what we learned, and what we should learn. *Thermal Sci.* 14: 625-639.
- Novicki V, Gonzales WRC (2003) Competências e meio ambiente: uma análise crítica dos referenciais curriculares da educação profissional de nível técnico. *Amb. Educ.* 8: 95-116.
- ONU (1995) *Agenda 21*. www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf (Cons. 10/09/2012).
- Quelhas OLG, França SLB, Travincas R (2011) O ensino da sustentabilidade na formação do engenheiro: proposta de diretrizes. *VII Cong. Nac. Excelência em Gestão*. 08/2011. Rio de Janeiro, Brasil.
- Ramos MN (2002) A educação profissional pela pedagogia das competências e a superfície dos documentos oficiais. *Educ. Soc.* 23(80): 401-422.
- Rasco FA (2011) O desejo de separação: as competências na universidade. Em Sacristán, JG *et al.* (Ed.) *Educar por Competências: O que Há de Novo*. Artmed. Porto Alegre, Brasil. pp. 198-232
- Rieckmann M (2012) Future-oriented higher education: Which key

- competencies should be fostered through university teaching and learning? *Futures* 44: 127-135.
- Rohweder L, Virtanen A (2009) Developing the model on the learning for sustainable development in higher education. *J. Teacher Educ.* 11: 31-42.
- Santos M (2008) *Por uma outra globalização: Do Pensamento Único à Consciência Universal*. 17ª ed. Record. Rio de Janeiro, Brasil. 174 pp.
- Segalàs J (2008) Educating engineers for sustainability. Why? What? How? *Sostenible?10*: 117-132.
- Segalàs J, Ferrer Balas D, Svanström M, Lundqvist U, Mulder KF (2009) What has to be learnt for sustainability? A comparison of bachelor engineering education competences at three European universities. *Sust. Sci.* 4: 17-27.
- Segalàs J, Ferrer Balas D, Mulder KF (2010) What do engineering students learn in sustainability courses? The effect of the pedagogical approach. *J. Clean. Prod.* 18: 275-284.
- Segalàs J, Mulder KF, Ferrer Balas D (2012) What do EESD “experts” think sustainability is? Which pedagogy is suitable to learn it?: Results from interviews and Cmaps analysis gathered at EESD 2008. *Int. J. Sustain. Higher Educ.* 13: 293-304.
- Tonini AM, Dutra LF (2009) Formação tecnológica: responsabilidade e desenvolvimento social. *Em Extensão* 8(2): 33-38.
- Tozzoni-Reis MFC (2011) Educação e sustentabilidade: relações possíveis. *Olhar de Professor* 14: 293-308.
- Ull Solís MA, Martínez Agut MP, Piñero A, Aznar Minguet P (2010) Análisis de la introducción de la sostenibilidad en la enseñanza superior en Europa: compromisos institucionales y propuestas curriculares. *Rev. Eureka Enseñ. Divulg. Cie.* 7(Extraord.): 413-432.
- Unesco (2005) *Década das Nações Unidas para um Desenvolvimento Sustentável, 2005-2014*. Documento final do esquema internacional de implementação. Unesco. Brasília, Brasil. 120 pp.
- Vega P, Freitas M, Álvarez P, Fleuri R (2009) Educación Ambiental e Intercultural para la sostenibilidad: fundamentos y praxis. *Utopía Praxis Latinoam.* 14(44): 25-38.
- Wals AEJ (2013) Sustainability in higher education in the context of the UN DESD: a review of learning and institutionalization processes. *J. Clean. Prod.* pp. 1-8.
- Wals AEJ, Kieft G (2010) *Education for Sustainable Development - Research Overview*. Swedish International Development Cooperation Agency. 54 pp.
- Watson MK, Lozano R, Noyes C, Rodgers M (2013) Assessing curricula contribution to sustainability more holistically: Experiences from the integration of curricula assessment and students’ perceptions at the Georgia Institute of Technology. *J. Clean. Prod.* 61: 106-116.
- Wiek A, Withycombe L, Redman CL (2011) Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sust. Sci.* 6: 203-218.
- Wright TSS (2002) Definitions and frameworks for environmental sustainability in higher education. *Int. J. Sust. Higher Educ.* 3: 203-220.
- Wright TSS (2009) Sustainability, internationalization, and higher education. *New Direct. Teach. Learn.* 118: 105-115.
- Wright TSS, Horst N (2013) Exploring the ambiguity: what faculty leaders really think of sustainability in higher education. *Int. J. Sust. Higher Educ.* 14: 209-227.
- Zarifian P (2003) *O modelo da competência: trajetória histórica, desafios atuais e propostas*. São Paulo: SENAC. 192 pp.