



ESVERDEANDO A NUVEM COMPUTACIONAL: UMA APLICAÇÃO DO PENSAMENTO ORIENTADO AO CICLO DE VIDA AO PROJETO DE SISTEMAS DE TI

Joana Gabriela Santana da Silva – joanagsan@gmail.com
CEFET/RJ, Faculdade de Engenharia de Produção

José Antonio Assunção Peixoto – japeixoto@yahoo.com.br
CEFET/RJ, Departamento de Disciplinas de Engenharia de Produção

Leydervan de Souza Xavier – leydervan@gmail.com
CEFET/RJ, Departamento de Ciências Aplicadas

Cristina Gomes de Souza – cgsouza@gmail.com
CEFET/RJ, Departamento de Disciplinas de Engenharia de Produção

Ricardo Alexandre Amar de Aguiar – ricardoamar@yahoo.com.br
CEFET/RJ, Departamento de Ciências Aplicadas

Ilana Nunes - nunes.ilana@gmail.com
Instituto Vital Brazil. Centro de Estudo e Aperfeiçoamento - CEA

Resumo: Neste artigo, apresenta-se uma iniciativa de educação profissional, alinhada como conceito de engenharia verde, aplicado para operação com nuvens computacionais, em projetos de sistemas de TI. Descreve-se e analisa-se o caso concreto de um projeto final, em Engenharia de Produção, do CEFET/RJ, que abordou o tema com base no Pensamento Orientado ao Ciclo de Vida. Descreve-se o contexto educacional, em que o trabalho se desenvolveu, e explora-se uma representação do Data Center de uma empresa, que serviu como ambiente empírico às reflexões realizadas. O objetivo do artigo é alcançar uma sistemática de representação e inclusão de critérios de avaliação da sustentabilidade, com potencial de apoio à tomada de decisão. Os resultados acadêmicos são positivos e têm potencial de implementação, tanto na organização estudada quanto em outros ambientes similares. A expectativa é que o relato possa motivar outras iniciativas semelhantes e contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Engenharia verde, ACV, Educação em Engenharia, Pensamento do Ciclo de Vida, Nuvem computacional.



1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável ganha força, como um conceito e uma meta nas últimas duas décadas, sobretudo, a partir dos resultados e a repercussão da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (MMA, 2007), que permeiam um número amplo de setores das atividades humanas. As indústrias de transformação, pela escala de suas operações, têm, visivelmente, um relevante potencial de contribuição para a redução das emissões dos gases de efeito estufa (WEBB, 2008), contudo, outros setores também têm muito a contribuir com a causa, particularmente, os que utilizam, intensamente, os serviços de Tecnologia de Informação (TI).

Paralelamente, os esforços nacionais e internacionais têm incluído, ou mesmo, destacado o papel da educação como ferramenta fundamental para se estabelecer políticas e ações orientadas ao desenvolvimento sustentável. A educação profissional, como a dos engenheiros, apresenta o desafio de incorporar, à sua racionalidade tradicional, o pensamento sustentável. No campo das engenharias, onde a repercussão e incorporação de novas tecnologias e formas de institucionalização caminham juntas com novas demandas de desempenho, no exercício profissional, há sempre a exigência de reflexões sobre novas questões, na medida em que as análises organizacionais e projetos de sistemas acabam por apontar a necessidade de interação de múltiplas visões dos atores orientadas às tomadas de decisão (PEIXOTO *et al.*, 2006).

Observa-se, nesse contexto, que há amplo reconhecimento da importância das questões socioambientais, mas, por outro lado, observa-se, também, a existência de várias lacunas relacionando os campos teórico e prático das atividades profissionais dos engenheiros com as mesmas. Em um projeto de engenharia, considerar as variáveis sustentáveis, desde o início, abrangendo um espectro maior de significação, que o usual, mostra-se mais promissor, do ponto de vista da governança da sustentabilidade, do que empenhar esforços para corrigir possíveis impactos socioambientais decorrentes da insuficiência do projeto.

Neste artigo, apresenta-se uma iniciativa de educação profissional alinhada com a concepção de Engenharia Verde (*Green Engineering*), como apresentada por Hesketh *et al* (2006), descreve-se e analisa-se, como um de seus resultados, o caso concreto de um projeto final em engenharia de produção, no CEFET/RJ, baseado no Pensamento Orientado ao Ciclo de Vida (POCV), uma das vertentes da organização *Life Cycle Initiative* (LIFE CYCLE INITIATIVE, 2013). A expectativa é que o relato possa motivar outras iniciativas semelhantes e contribuir para promoção do desenvolvimento sustentável.

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Para fundamentar este relato, é preciso apresentar o contexto institucional em que o trabalho se desenvolveu e explorar o conceito de Engenharia Verde, particularmente relacionado a processos de governança de TI, numa análise organizacional do projeto do sistema de computação na nuvem, na qual a lógica de projeto, tradicionalmente ensinada na Engenharia de Produção (EP), é associada a outras demandas de reflexão, voltadas para as questões socioambientais alinhadas com Pensamento Orientado ao Ciclo de vida.

2.1. Contexto Institucional

O presente trabalho está inserido em um projeto educacional iniciado em 2006, quando o CEFET-RJ, voluntariamente, alinhou-se com a POCV. Posteriormente, com o intuito de divulgar a técnica, duas disciplinas passaram a ser ministradas, uma na pós-graduação e outra eletiva, na graduação. Esta última, com duração de 60 horas, é a de Avaliação do Ciclo de Vida de produtos (ACV), composta por teoria e prática, na qual é utilizado o software UMBERTO (2013) para criar representações e análise dos fluxos de energia e matéria, com base em Redes de Petri (TADAO, 2013). Nesta disciplina, há carga horária prevista para utilização do laboratório, no qual ocorre interação de alunos da graduação com os do mestrado, que atuam como monitores e tutores, revelando possibilidades de pesquisa e aplicações de ACV. Em outras oportunidades, o presente contexto já foi abordado no COBENGE (XAVIER, 2007; SILVA, 2009 e XAVIER, 2013) tornado possível acompanhar os esforços empreendidos que, nesta fase, já inclui a execução de Projetos Finais de curso para alunos de Produção e, também, de Mecânica. Isto pode ser observado, como tendência, em diversas instituições de ensino em engenharia (AURANDT, 2011).

Engenharia Verde

Definido inicialmente pela EPA (2014) como o projeto, comercialização e uso de processos e produtos, que sejam viáveis e econômicos enquanto minimizem a geração de poluição nas fontes de recursos e o risco à saúde humana e ao meio ambiente (HESKETH, 2006). Recentemente, o termo “*Green Engineering*” adquiriu novos significados e, de acordo com Ritter (2003), atualmente, a expressão refere-se a atividades e disciplinas existentes, que conduzam à sustentabilidade.

Sob a perspectiva da Engenharia Verde, a racionalidade de projeto preocupa-se em atender tanto aos requisitos econômicos e técnicos quanto aos de proteção ao bem estar humano e ao meio ambiente. Definiram-se, então, nove princípios a serem seguidos, de forma a inserir em seus projetos os conceitos de Engenharia Verde. São eles: (1) Projetar processos e produtos de maneira holística, utilizando a análise de sistemas e integrando ferramental de avaliação de impactos ambientais; (2) Preocupar-se em ampliar e conservar os ecossistemas naturais, sem se descuidar da proteção com a saúde e bem estar humano; (3) Aplicar o pensamento orientado ao ciclo de vida em todas as atividades de engenharia; (4) Garantir que todas as entradas e saídas de energia e matéria sejam benignas e seguras, quando possível; (5) Minorar o esgotamento de recursos naturais; (6) Empenhar-se para evitar desperdícios; (7) Levar em consideração a geografia, cultura e aspirações locais para o desenvolvimento e aplicação das soluções de engenharia; (8) Buscar alcançar a sustentabilidade através de soluções, além das dominantes, na tentativa de aprimorar, inovar e inventar novas tecnologias e, (9) Recrutar, de forma ativa, as partes interessadas para o desenvolvimento de soluções de engenharia. A inclusão destes princípios na educação de engenheiros poderá nortear suas práticas acadêmicas e exercícios profissionais.

Protocolo Green House Gas

O Protocolo GHG consiste numa metodologia para calcular as emissões de gases do efeito estufa nas atividades das empresas. Apesar de o presente estudo não objetivar a quantificação das emissões, seu uso se justifica, por apresentar ao leitor uma referência mais ampla, com critérios para avaliação, do sistema de computação em nuvem, seus componentes e as emissões associadas. O documento também se apresenta alinhado aos princípios da Engenharia Verde, que tem como desdobramento a preocupação com a inclusão de atributos



ambientais no ato de projetar e operacionalizar sistemas; buscar equipamentos, cujas entradas e saídas de energia e matéria sejam conhecidas, na medida do possível, de modo a melhorar a tomada de decisão na organização; calcular índices de ecoeficiência, que permitam monitorar o desempenho de equipamentos e do sistema, como um todo, além de comparar com métricas desejáveis. A compatibilidade, com as normas ISO e com as metodologias de qualificações do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) (GHG PROTOCOL, 2012), é outro motivo que torna o Protocolo uma referência confiável para sua aplicação ao referido estudo de caso. O capítulo do GHG utilizado foi o relacionado aos serviços de *Data Center* e *Cloud Computing*.

Governança em TI

O termo refere-se às melhores práticas no suporte e serviços de infraestrutura de TI, operações de *Data Center*, etc. É o conjunto de ferramentas necessárias para a determinação das responsabilidades e dos direitos de decisão, que objetivam estimular comportamentos adequados no uso da TI, segundo definição de Fernandes & Abreu (2008). Nos dias atuais, a TI é um ator de relevante importância para o sucesso da organização e, ao mesmo tempo, é uma fonte de investimentos e despesas significativas. Além disso, há regulamentos externos, que devem ser seguidos, mesmo representando restrições à empresa, garantindo sua sobrevivência no mercado. A governança de TI é de responsabilidade da alta administração (incluindo diretores e executivos), na liderança, nas estruturas organizacionais e nos processos que garantem que a TI da empresa sustente e estenda as estratégias e objetivos da organização (IT GOVERNANCE INSTITUTE, 2013).

Projeto em Engenharia

No ensino de engenharia, os estudantes aprendem a desenvolver soluções, através de projetos estruturados, de modo a sistematizar o processo, prezando pelo atendimento das necessidades observadas, e pelo encadeamento de etapas, desejável para um bom resultado, geralmente, com observância na redução de custos. Uma das representações, utilizadas para facilitar o entendimento e garantir que a sequência lógica do projeto seja respeitada, é apresentada na região à esquerda do fluxograma da Figura 1 (preenchida com cores quentes), adaptado de Shigley (Budynas & Nisbett, 2008) - uma referência clássica para alguns cursos de engenharia. Pelo fato de o artigo não comportar uma descrição em minúcias, resume-se, seu escopo, como: a observação de uma necessidade real; levantamento dos parâmetros desejados; desenvolvimento de soluções, seguido de testes e avaliações de modo que produza uma resposta concreta à necessidade anteriormente observada. Ao transformar-se em realidade, o resultado do projeto poderá sofrer modificações, de modo a atender mais adequadamente às expectativas iniciais. Observa-se que, no formato apresentado, nenhum atributo socioambiental é incluído, o que serve para ressaltar a divergência em relação à engenharia verde, uma vez que esta recomenda que todas as etapas das atividades de engenharia, desde a concepção, tenham elementos relacionados à sustentabilidade.

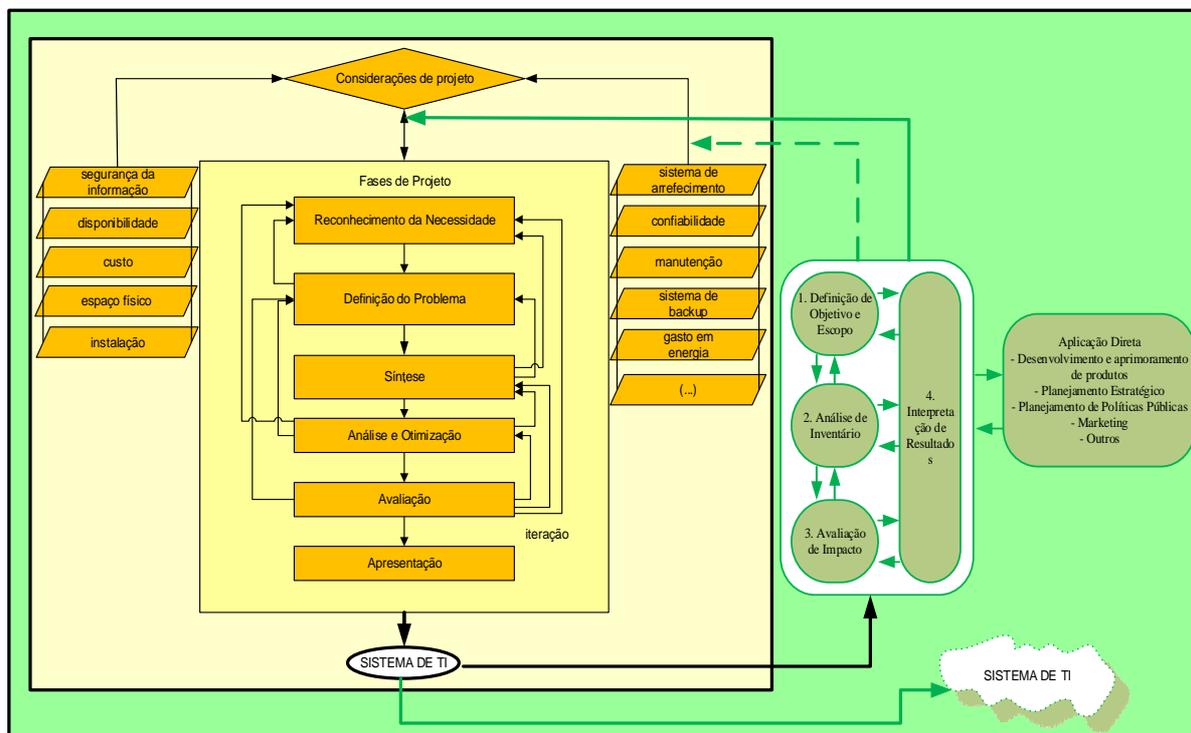


Figura 1 Concepções de Projeto: interação entre a racionalidade clássica, *Green Engineering* e ACV.

Avaliação de Ciclo de Vida

Para o presente estudo, escolheu-se a ACV, por tratar-se de uma abordagem holística, que abrange não somente os limites do processo produtivo em si, mas as matrizes de energia e de matéria prima utilizadas, que percorrem toda a cadeia de suprimento considerada, bem como as etapas posteriores à utilização do bem ou serviço, que são o descarte e o reaproveitamento ou reciclagem (TAVARES, 2006). Outra característica interessante, dessa ferramenta, é seu caráter preventivo quanto aos impactos ambientais. Ao invés de corrigir os impactos gerados pelos bens ou serviços já produzidos, todo o ciclo de vida do produto é estudado para a concepção de processos e produtos mais limpos ao longo da cadeia de suprimentos, característica citada anteriormente como desejável nos projetos de engenharia.

De acordo com as NBR 14.040 e 14.044 (ABNT, 2009), que descrevem os princípios, requisitos mínimos e a estrutura da ACV, esta é “uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto”, durante todo o seu ciclo de vida. Ainda segundo a Norma, isto se dá através do levantamento das entradas e sistemas do sistema em estudo; análise dos impactos ambientais associados e; avaliação dos resultados nos itens anteriores em relação aos objetivos dos estudos. A ferramenta Avaliação de Ciclo de Vida é, segundo (XAVIER *et al.*, 2007), um “exemplo de recurso técnico para a prática cotidiana da engenharia de produção voltada para o desenvolvimento sustentável”, por auxiliar a tomada de decisão relativa à melhoria de processos produtivos (RODRIGUES *et al.*, 2011), o que a torna compatível com os objetivos do presente estudo.



Na Figura 1, em sua parte direita (preenchida com cores frias), estão representadas as fases do estudo da análise do ciclo de vida e algumas possíveis aplicações práticas, segundo a ISO14040 (ABNT, 2009).

Pensamento Orientado ao Ciclo de Vida

Segundo Barbieri (2009), “enxergar a cadeia produtiva e não apenas o que se passa no interior da empresa é a base para o estabelecimento de boas práticas de gestão e operação empresariais comprometidas com o desenvolvimento sustentável”. O ciclo de vida de um produto corresponde às fases compreendidas desde a extração da matéria prima até o pós-consumo. Nesse contexto, o pensamento orientado ao ciclo de vida auxilia as organizações, em geral, a avançar nas suas práticas de responsabilidade socioambiental. Zamagni *et al.* (2013) afirmam que a abordagem do ciclo de vida pode ser integrada ao design, à inovação e à avaliação de produtos e serviços. Isto é, se traduzindo na tomada de decisões, incorporando exigências legais, critérios de sustentabilidade e considerando os atores socioambientais associados à cadeia de suprimentos.

A importância em utilizar o pensamento orientado ao ciclo de vida, como referência teórica, neste estudo de caso, reside no seu pertencimento à perspectiva da sustentabilidade, no sentido em que se busca analisar o sistema em sua totalidade, através de suas ligações e interações e por avaliar os impactos ambientais adotando uma abordagem interdisciplinar (Zamagni *et al.*, 2013), a qual é descrita no item seguinte. Enfim, com o desdobramento desta vertente, a ACV surge como uma ferramenta que facilita e materializa os conceitos do POCV, nos contextos profissionais, e ajuda a associar um amplo espectro de critérios de avaliação à governança dos processos locais e diretrizes internacionais.

3. ESTUDO DE CASO: PROJETO DE UM SISTEMA TI COM AUXÍLIO DE ACV

O estudo de caso é resultado de um Projeto Final de Graduação em Engenharia de Produção, no qual um dos autores fez sua apresentação no final do segundo semestre de 2013. Sob o compromisso de estudar o potencial de impactos ambientais associados à computação em nuvem, foi autorizado o seu acesso a uma organização pública, que possui, em sua infraestrutura, um *Data Center* integrante de um sistema de TI. Houve acordo de confidencialidade quanto às informações fornecidas, o qual será respeitado neste artigo.

Para o interesse do presente trabalho, será considerado o seguinte escopo, relacionado aos processos de governança: reavaliar o projeto de computação em nuvem da empresa, supondo a incorporação de novos requisitos de Engenharia Verde e tendo, como referência, para avaliações, o GHG Protocol. Este, por sua vez, utiliza a metodologia da ACV como instrumento básico de trabalho e, conseqüentemente, de difusão do POCV.

Foram realizadas visitas, entrevistas e análise documental que resultaram em uma representação de toda a infraestrutura, que descreve e permite quantificar os fluxos de massa e energia de entrada e saída na *nuvem computacional* produzidas pela empresa, através de seu *Data Center*, representado na Figura 2.

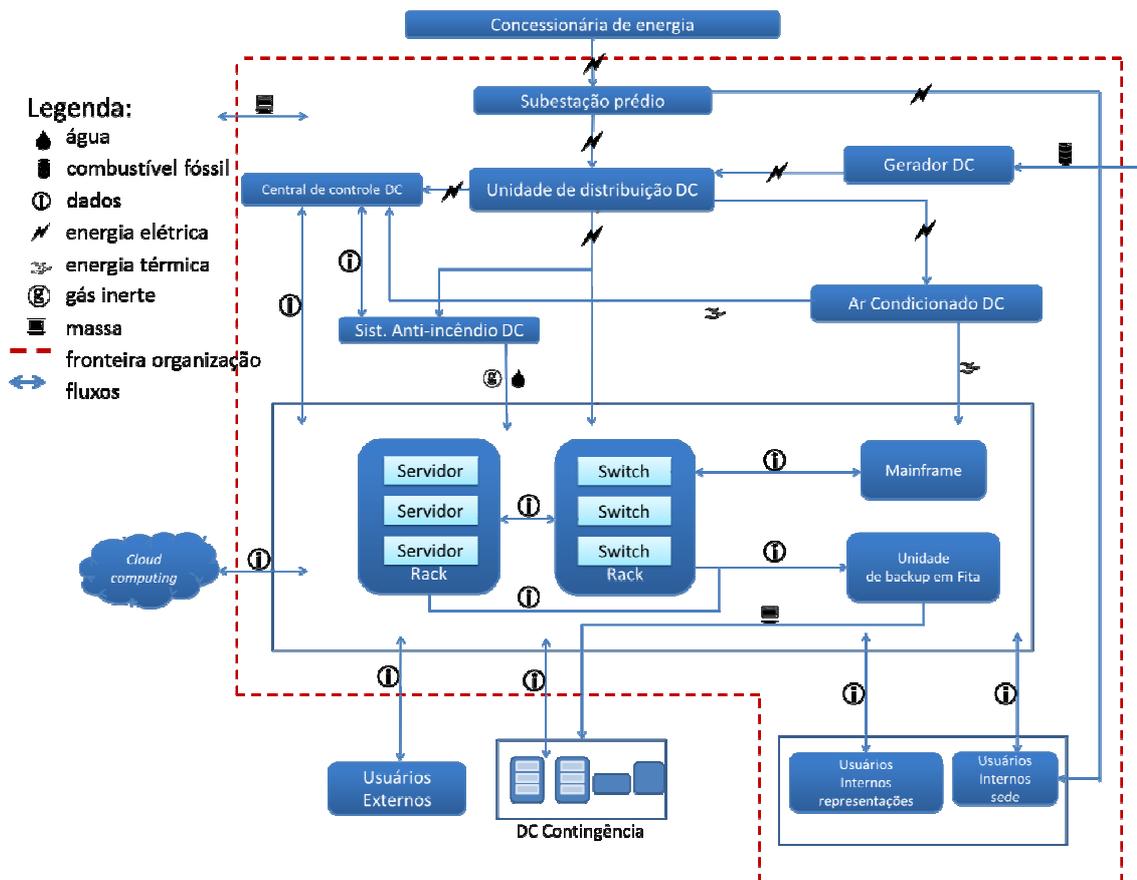


Figura 2 Fluxos de massa e energia no *Data Center* estudado

A fronteira considerada para o trabalho – demarcada pela linha tracejada em vermelho – está restrita à infraestrutura de distribuição de energia da organização, do *Data Center* e dos usuários internos e suas respectivas entradas e saídas de massa e energia do sistema como: energia elétrica, gases de refrigeração, água, dados, etc.

Complementando-se o esforço de representação, buscou-se identificar quais atributos foram utilizados quando da concepção do projeto original do *Data Center*, listados na Figura 1, nas colunas laterais. Confrontou-se este conjunto de atributos com os requisitos do Protocolo GHG, para a realização de um projeto mais verde de TI. Com este confronto, obteve-se, como resultado, uma tabela de requisitos e recomendações que podem servir à governança, para diversas iniciativas de projetos de TI. Ao se examinar a Figura 1, como um todo, observa-se a interação entre concepções de projeto na ligação dos blocos à esquerda com aqueles à direita. Ao se inserir as fases de ACV, mesmo na aplicação limitada desta técnica no caso do projeto sob análise, desenvolvem-se outros tipos de realimentação das etapas, com a inclusão de novos critérios e visões, resultando em uma nuvem computacional mais verde.

Esta representação visa alertar para a necessidade da incorporação de atributos socioambientais na governança local dos projetos de sistemas de TI. A infraestrutura destescaracteriza-se por intensa utilização de matéria prima, energia, e outros insumos, como água para alguns sistemas de arrefecimento. Os *Data Centers*, que constituem parte significativa da infraestrutura de TI, agregam milhares de computadores/servidores, nos quais

os arquivos dos usuários ficam armazenados e, vários outros equipamentos para assegurar a infraestrutura necessária ao funcionamento da computação em nuvem. Esse conjunto, em geral, demanda uma utilização intensiva de massa, em sua parte física; energia, que os mantém em funcionamento; e de água, para alguns sistemas de arrefecimento. Não foi possível aplicar a ACV propriamente dita no *Data Center* da organização, representado na Figura 2, por restrições de tempo para a coleta dos dados necessários, optando-se por utilizar os requisitos constantes no Protocolo GHG, para confrontar o projeto existente com novos atributos, buscando-se recomendações para novas ações e algumas indicações para realização de um projeto mais verde, de TI, resumindo-se, no que segue.

2.2. Orientações para reprojeto do sistema de TI

Utilizou-se o Protocolo GHG para uma análise dos requisitos ambientais presentes no Sistema de TI da empresa. Abaixo está uma lista parcial de requisitos avaliados no contexto deste trabalho:

— Número de usuários externos

Observações: Não há uma definição exata de quantos usuários externos acessam os sistemas da organização estudada. Este inclui o site institucional e aplicativos de negócios. Utilizou-se um número médio de acessos diários ao sistema, sem se especificar o tipo de transação do usuário externo de forma que todas as operações demandassem a mesma energia elétrica do sistema, o que o protocolo alerta para a possibilidade de aproximação enganosa.

Recomendações: deveriam ser definidos perfis de acesso para calcular um gasto médio de energia de cada perfil.

— Unidade funcional

Observações: Definiu-se o número de transações como unidade funcional. Porém, significa que todos os tipos de transações foram considerados como equivalentes.

Recomendações: o protocolo sugere que a unidade funcional do serviço seja definida com elevado grau de especificidade, de modo que seja possível distinguir os tipos de serviço e sua respectiva demanda energética. Para isso, descrições adicionais devem ser colocadas no inventário para esclarecer o quanto de energia é demanda por cada tipo de transação.

— Energia consumida por cada servidor pela taxa de utilização do dispositivo

Observações: estes dados foram encontrados no site das empresas fabricantes. O especialista da área de TI, entrevistado, informou que eles não são analisados no momento da confecção dos editais de licitação para informar sobre a eficiência energética do equipamento.

Recomendações: os dados poderiam ser utilizados para criar critérios e parâmetros ambientais que favorecessem a compra dos produtores de equipamentos com tecnologias mais eficientes. Havia o receio, por parte do especialista, de a inclusão de um critério comprometer a validade da licitação, em se tratando de empresa pública, por restringir o número de empresas que estariam aptas a participar do processo. Porém, de acordo com a Cartilha de Compras Públicas Sustentáveis para Administração Federal (2010), o solicitante deve verificar se há no mercado empresas que se adequem às exigências. Em caso afirmativo, deverá constar no edital justificativa às exigências, na seção destinada aos critérios ambientais. Outra preocupação é relacionada ao Decreto 7.746 (2012), no qual consta que uma das diretrizes de sustentabilidade se refere à utilização de materiais, tecnologias e matérias-primas locais. Emissões provenientes de seus processos produtivos

Observações: não constam dados nos sites dos fabricantes e a análise destes tipos de dados não foi contemplada na licitação.

Recomendações: a instituição pública deveria solicitar, às empresas fabricantes, relatórios com dados das emissões incorporadas na produção do equipamento. De posse desses dados, poderia ser criado um parâmetro para a escolha da empresa que investisse em processos produtivos mais limpos, de forma a incentivar sua proliferação.

— Monitoramento da energia do *Data Center*

Observações: de acordo com o especialista responsável pelo centro de dados, há o monitoramento da energia do setor, porém, isto ocorre para fins de manutenção da disponibilidade, de forma a não sobrecarregar o sistema.

Recomendações: O protocolo recomenda que o centro de dados seja equipado com sistemas de monitoramento, para que haja uma maneira eficiente de controlar o uso de energia de TI, por cada cliente, melhorando a acurácia do cálculo das emissões.

2.3. Considerações sobre os Resultados

As faltas de dados quantitativos, causada pela falta de tempo e complexidade em obtê-los restringiram o escopo do trabalho, porém é possível vislumbrar contribuições quanto à incorporação da sustentabilidade nos projetos de sistemas de TI e sua infraestrutura. Em se tratando de um setor da economia, que permeia a vida cotidiana moderna, quase em sua totalidade, um projeto mais verde se torna desejável para a sustentabilidade nos âmbitos locale global

Como um próximo passo, poderia ser planejado o desenvolvimento dos sistemas de monitoramento dos processos, de modo que o levantamento dos dados necessários fosse facilitado, permitindo um viés mais quantitativo para o trabalho, bem como da ampliação das avaliações qualitativas, particularmente, aquelas relacionadas às demandas de gestão de conhecimentos sobre governança da sustentabilidade nas organizações.

Sob a ótica educacional, a experiência serviu para enriquecer a vivência acadêmica da estudante, despertando em si a vontade de continuar pesquisando sobre o assunto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relato apresenta um estudo de caso realizado em uma organização, relacionado a um trabalho de conclusão de curso em Engenharia de Produção, no qual foram confrontados os requisitos tradicionalmente utilizados pelo setor de TI, para o projeto de um *Data Center*, com os requisitos recomendados por um protocolo internacional de quantificação de emissões de gases de efeito estufa. O objetivo do trabalho e as considerações resultantes são convergentes com o conceito de *Green Engineering* e Pensamento Orientado ao Ciclo de Vida, que constam na literatura, qual seja, a adição de um conjunto de atributos com potencial de ser incorporados ao projeto, possibilitando a mudança de atitude e conduta profissional.

Esta abordagem apresenta como objetivo geral materializar o conhecimento acerca da sustentabilidade nas ações profissionais de engenharia, além de ilustrar os benefícios da inclusão deste conhecimento no ensino de graduação, em evolução há oito anos.



5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 14044. Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.

AURANDT, J. B. Sustainability Education: Approaches for Incorporating Sustainability in Undergraduate Curriculum. *Journal of Professional Issues in Engineering Education*, 2011, p. 137:102-106.

BARBIERI, J. C., & CAJAZEIRA, J. E. Avaliação do ciclo de vida do produto como instrumento de gestão da cadeia de suprimento - o caso do papel reciclado. *Anais: XII – Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais*. São Paulo, 2009.

BRASIL. Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012. Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP.

BUDYNAS, R. G., NISBETT, J. K. *Shigley's Mechanical Engineering Design*. 8th Edition in SI UNITS, Mc Grall Hill Companies, New York, 2008.

EPA U.S. Environmental Protection Agency. Disponível em <<http://www.epa.gov/opptintr/greenengineering/index.html>> Acesso em: 7 de jun. de 2014.

FERNANDES, A. A., & ABREU, V. F. (2008). *Implantando a governança de TI: da estratégia à gestão dos processos e serviços* (2ed.). Rio de Janeiro: Brasport.

GHG Protocol. PROTOCOL, G. H. G. *GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard ICT Sector Guidance* (Draft), 2012.

HESKETH, R. P., GREGG, M.H., SLATER, C.S. *Sustainability Science and Engineering: Defining principles*. Martin A. Abraham (Editor) 2006 Elsevier B.V. DOI 10.1016/81871-2711(05)01004-4 p.47.

IT GOVERNANCE INSTITUTE. Disponível em <<http://www.itgi.org>> Acesso em: 07 de jun. de 2014.

LIFE CYCLE INITIATIVE. Disponível em <<http://www.lifecycleinitiative.org/>> Acesso em: 07 jun.2014.

MPOG. Guia de Compras Públicas Sustentáveis para Administração Federal, 2010. Disponível em <http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/cpsustentaveis.planejamento.gov.br/?page_id=1703> Acesso em: 2 de dez. de 2013.

MMA, M. d. Agenda Ambiental na Administração Pública. CID Ambiental Esplanada dos



Ministérios - Bloco B - Térreo, Brasília, 2007.

PEIXOTO, J.A.A., XAVIER, L.S.&DIAS, L.M.M.A Multi-disciplinary Approach of Performance for Engineering Education Proceeding. 9th International Conference on Engineering Education. July 23 – 28, 2006. Disponível em: <<http://www.icee.usm.edu/icee/conferences/icee2006/papers/3583.pdf>> Acesso em: 11 de jun. 2014.

RITTER, S. K., "A Green Agenda for Engineering: New set of principles provides guidance to improve designs for sustainability needs," July 21, 2003, 81 (29) Chemical & Engineering News pp. 30-32.

SILVA, L.F.J., NUNES, I.S., XAVIER, L.S., FUTURO, D.O., PEIXOTO, J.A.A. Experiência de ensino de engenheiros no contexto de disseminação do Pensamento Sustentável. Anais: XXXIX – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Florianópolis, 2009.

TADAO, M. Petri Nets: Properties, Analysis and Applications Disponível em: <<http://embedded.eecs.berkeley.edu/Research/hsc/class.F03/ee249/discussionpapers/PetriNets.pdf>> Acesso em: 07 jun. 2014.

TAVARES, S. F.; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras, 2006. Tese (Doutorado).

UMBERTO. Conheça Umberto. Disponível em: <<http://www.umberto.de/en/>> Acesso em: 07 jun. 2014.

XAVIER, L. P., PEIXOTO, J.A.A., SOUZA, C.G, AGUIAR, R. A. A, LEAL, I. Esverdeando o projeto mecânico: uma experiência educacional com emprego de ACV. Anais XLI - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Gramado, 2013.

XAVIER, L. S., PEIXOTO, J. A., DIAS, L. M., & IBRAHIM, G. D. (2007). Análise de ciclo de vida: uma experiência de ensino com modelagem de processo na perspectiva da sustentabilidade. Anais: XXXV – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Curitiba, 2007.

WEBB, M. e. (2008). SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age. The Climate Group., v.1, p. 3. Londres.

ZAMAGNI, A., PERSONEN, H.-L., & SWARR, T. (3 de agosto de 2013). From LCA to Life Cycle Sustainability Assessment: concept, practice and future directions. Int J Life Cycle Assess. DOI:10.1007/s11367-013-0648-3.



GREENING CLOUD COMPUTING: AN APPLICATION OF LIFE CYCLE THINKING ON DESIGN OF IT SYSTEM

Abstract: *This paper presents an initiative of professional education, aligned with the concept of green engineering applied for operation with Cloud Computing projects, of IT systems. It describes and analyzes the case of a final project in Production Engineering, accomplished at CEFET / RJ, which addressed the theme based on the Life Cycle Thinking Initiative. It describes the educational context, in which the work evolved, and explores a representation of a Data Center, which served as the empirical environment for reflections. The aim of the paper is to achieve a systematic representation and inclusion of criteria for sustainability assessment, with the potential to support decision making. The academic results are positive and have potential for implementation, both in the organization studied and in other similar organizational contexts. The expectation is that the case study can motivate other similar initiatives and contribute to the promotion of sustainable development.*

Key-words: *Green Engineering, LCA, Engineering Education, Life Cycle Thinking, Cloud Computing.*