

DISCIPLINAS INTEGRADORAS DE CONCEITOS NOS CURSOS DE ENGENHARIA - PERSPECTIVAS E ESTUDO DE CASO

Miguel Angel Chincaro Bernuy – migueltrabalho@gmail.com
Jhony Cesar da Silva Gonçalves - cesarjhony@gmail.com
Ayrton Pereira de Araújo Júnior – ayrtton_jr@outlook.com
Wagner Endo – wendo.utfpr@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Elétrica
Avenida Alberto Carazzai, 1640, Centro
86300 000 – Cornélio Procópio – Paraná

Resumo: A integração de conceitos nos cursos de engenharia é realizada de diversas formas: disciplinas conceituais com projetos semestrais, disciplinas integradoras, trabalhos de conclusão de curso, trabalhos de iniciação científica, trabalhos de extensão, entre outros. A integração de conceitos são atividades pedagógicas que promovem a autonomia do estudante considerando a aplicação de conceitos trabalhados em disciplinas isoladas de um curso, dentro de um contexto aplicação multidisciplinar e transversal. Neste trabalho é apresentada uma organização metodológica e um estudo de caso correspondente em uma disciplina. A organização metodológica tem como base da abordagem Design Thinking e o estudo de caso foi a utilização dessa abordagem em uma disciplina semestral chamada de Oficina de Integração 2 em um curso de Engenharia de Controle e Automação. Os resultados mostram que a organização metodológica permitiu desenvolver a integração de conceitos de outras disciplinas de forma coerente com o contexto do problema abordado. Outro resultado importante foi a realização de um ciclo completo de desenvolvimento, incluindo o feedback do usuário.

Palavras-chave: Integração de conceitos. Ações multidisciplinares. Ações transversais. Design thinking.

1 INTRODUÇÃO

Os cursos de graduação em engenharia no Brasil ainda não são completamente baseados em metodologias ativas com projetos e trabalhos integradores de conhecimento. No entanto, algumas iniciativas começam a despontar como caminhos para novas metodologias de aprendizagem e consolidação na formação de um profissional com formação ativa, preparado para o mercado de trabalho e para a resolução de desafios práticos (ABENGE, 2008).

Como exemplo destas implementações de aprendizagem ativa e baseada em projetos, o Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Cornélio Procópio, tem em sua matriz curricular um conjunto de disciplinas que possibilita ao docente desenvolver técnicas e metodologias inovadoras. A matriz curricular deste curso possui algumas disciplinas, tais como: Seminários em Engenharia de Controle e Automação, Oficina de Integração 1 e 2 e os Trabalhos de Conclusão de Curso 1 e 2. As disciplinas possuem caráter interdisciplinar e de integração de

conteúdos, habilidades e competências (UTFPR, 2019).

O ementário das disciplinas Oficinas de Integração tem o seguinte texto:

"Integração dos conhecimentos das disciplinas de formação básica e profissionalizante; Aplicação dos conhecimentos no desenvolvimento de um sistema de automação e controle que contemple essa integração; Aplicação de conceitos de metodologia da pesquisa e comunicação oral e escrita para a elaboração e apresentação de relatório final dos resultados do projeto desenvolvido." (UTFPR, 2019)

Esse conjunto de disciplinas se inicia no sétimo período deste curso de graduação que está organizado de forma semestral. O início ocorre com a disciplina de Seminários em Engenharia de Controle e Automação, seguido da Oficina de Integração 1 e Oficina de Integração 2, ocorrendo entre os sexto, sétimo e oitavo períodos, respectivamente. Esta ação surgiu da demanda acadêmica para que os estudantes desenvolvessem melhor seus trabalhos de conclusão de curso, pois no nono e décimo períodos são destinados a essa finalidade. Permitindo, assim, o estudante ir se preparando para um projeto de tal magnitude, a partir do sétimo período.

Desta forma, para este artigo é relatada e documentada uma experiência metodológica da disciplina de Oficinas de Integração 2 em um curso de graduação em engenharia de controle e automação. A proposta desta experiência didática de aprendizagem ativa aplica o "Design Thinking" (IDEO, 2012). Essa abordagem consiste na definição do problema o qual é compreendido e solucionado através de algumas etapas. É realizada a descrição e detalhamento do problema, a determinação das variáveis de entrada e saída e a concepção de um diagrama de blocos do problema. Estas abordagens caracterizam da aprendizagem baseada em projetos (IEEE, 2019)

A partir desta modelagem do problema criam-se critérios de classificação dos problemas propostos, incluindo uma pesquisa de campo com um questionário para o público a que se destina a solução do problema. Após, escolhido o problema a ser atacado, é proposto o desenvolvimento de um protótipo. Finalmente, esse protótipo é apresentado ao público afetado recebendo o *feedback* sobre a solução desenvolvida.

Para ilustrar a aplicação do método neste trabalho, será apresentado o desenvolvimento detalhado do trabalho de uma equipe de estudantes, que buscaram e investigaram 6 problematizações, dos quais foi escolhido apenas um problema, seguindo alguns critérios para delimitação do tema. Ao escolher um problema adequado, aplicou-se um questionário com critérios de pesos. Assim, é selecionado coletivamente de forma objetiva um dos problemas. Em sua abordagem, são respondidas inicialmente questões diretas do "porquê?", "o quê?" e "para quem?" referentes ao problemas apenas. A proposta em grupo segue para a elaboração do um questionário para conhecer melhor o problema selecionado. Nesta ilustração, o problema escolhido foi a criação de um semáforo de tempos variáveis para as ruas da cidade de Cornélio Procópio. A problematização leva em consideração também o contexto regional e local de aplicabilidade da solução proposta.

Assim, utilizando-se das questões contextualizadas com o problema, é proposto ao grupo de estudantes para que elaborem uma solução. A ferramenta escolhida para a ideação da solução foi a representação do semáforo de tempos variáveis por máquinas de estados finitas. Dessa forma, nesta etapa foi a apresentado um autômato equivalente para a solução do problema. Em seguida, foi maquetizada (escala reduzida) a representação emulada da solução, para tal, foram escolhidas ferramentas já aplicadas em disciplinas anteriores, como o caso da utilização de microcontroladores e lógica de programação. Nesse ponto, a solução do problema torna-se física e real para as apresentações e discussões de resultados. O retorno dos objetivos alcançados é realizado a partir de uma análise crítica em que são enumeradas,

fortalezas, riscos e propostas de novas ideias a partir da solução maquetizada.

2 FUNDAMENTOS E METODOLOGIA

A organização metodológica deste trabalho tem como base a abordagem Design Thinking (IDEO, 2012): Descoberta, Interpretação, Ideação, Prototipação e Evolução. A metodologia foi aplicada em uma disciplina de integração de conceito chamada Oficina de Integração 2 em um curso de Engenharia de Controle e Automação. Esta disciplina tem como pré-requisito a disciplina Oficina de Integração 1, na qual deverá receber a organização metodológica igual a que será descrita, contudo, assim que os estudantes concluírem a Oficina de Integração 1 neste novo formato, então estes estudantes deverão realizar a Oficina de Integração 2 com outra proposta, que está em fase de construção (UTFPR, 2019).

A fase da Descoberta corresponde a prospecção de problemas e uma análise preliminar de sua relevância e viabilidade no contexto acadêmico de um semestre letivo. Nesta fase a equipe seleciona apenas um dos problemas prospectados usando critérios específicos que pudessem ser aplicados a todos os problemas trazidos por cada membro da equipe. Na fase da interpretação cada equipe realiza uma pesquisa de aprofundamento sobre os aspectos estruturais do problema selecionado. O aprofundamento permite explorar a empatia com os envolvidos no problema e organizar requisitos que deverão ser usados como referência de especificação para a fase seguinte. Na fase da ideação, a especificação da solução é realizada por meio de implementações de funcionalidades e outros aspectos não funcionais das possíveis soluções. A fase da prototipação consiste em materializar as alternativas organizadas na fase da ideação. Por último a fase da evolução corresponde ao *feedback* que a equipe recebe do usuário referente a solução apresentada.

Como a metodologia é uma interpretação da abordagem de Design Thinking (IDEO, 2012), é razoável que existam diversas interpretações e cada uma seja reflexo das particularidades culturais e de infraestrutura que fazem parte do ambiente acadêmico.

3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A aplicação da metodologia é ilustrada por meio do desenvolvimento das fases de uma das equipes. As equipes têm 3 membros em média e as turmas têm por volta de 15 alunos, sendo que este número tende a aumentar. A equipe da ilustração é composta por 3 estudantes e as atividades foram desenvolvidas no segundo semestre de 2018.

3.1 Problemas Propostos

A seguir é apresentada a aplicação da metodologia descrita, sendo usada como proposta metodológica da disciplina Oficina de Integração 2 (esta proposta também está sendo aplicada na Oficina de Integração 1 no primeiro semestre de 2019).

Prospecção de Problemas

Cada membro da equipe apresentou duas propostas de problemas, descritas a seguir:

1. Checagem de crimpagem em chicote
2. Embalagem de ingredientes
3. Manutenção de equipamentos sem parar o processo de funcionamento
4. Descartes de eletroeletrônicos
5. Tempo fixo de semáforos
6. Iluminação estática quando residências estão vazias

Análise dos problemas

Os seis problemas foram alinhados por meio de perguntas estruturantes: as origens do problema; os efeitos do problema; os envolvidos no problema. Em seguida foi apresentada uma representação gráfica usando pelo menos um diagrama de blocos. Por último, a organização de critérios de classificação e a escolha de um dos problemas usando estes critérios (Tabela 1). Adotou-se uma escala de 0 (menos relevante) à 5 (mais relevante) e o problema escolhido foi o problema 5.

Tabela 1 - Aplicação dos critérios para classificação dos problemas da equipe.

Critérios de Avaliação (média das avaliações)	Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4	Problema 5	Problema 6
1. O problema é compreensível?	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
2. O problema é de interesse da indústria?	4.3	5.0	3.7	2.7	3.0	2.7
3. Mensurar os impactos do problema na sociedade.	3.0	3.7	2.7	3.7	4.7	3.3
4. Qual interesse na solução do problema?	3.0	3.0	1.3	2.0	4.0	3.7
5. O problema demanda muito tempo para solução?	3.7	3.7	2.3	2.0	3.3	2.7
6. Qual a dificuldade de resolução do problema?	3.0	3.3	1.7	2.7	3.0	3.0
7. O problema pode ser desenvolvido na disciplina de Oficina?	3.0	4.0	0.0	3.7	5.0	4.3
8. Os materiais para solução do problema são de difícil acesso?	2.3	2.3	2.3	2.7	3.3	2.3
9. O problema possui custo elevado de solução?	2.3	2.7	1.7	2.7	3.7	3.0
10. O problema exige muitos conceitos difíceis?	2.7	2.3	2.3	2.7	3.3	2.3
Total Geral	$\Sigma = 32.0$	$\Sigma = 35.0$	$\Sigma = 23.0$	$\Sigma = 29.7$	$\Sigma = 38.3$	$\Sigma = 32.3$

Fonte: Autores (2019)

Essa seção que trata da seleção do problema fez surgir muitas dúvidas, pois esse método trouxe uma abordagem diferente, justamente por se focar no problema, ficando nítido sua importância na formação do aluno.

3.2 Aprofundamento do Problema

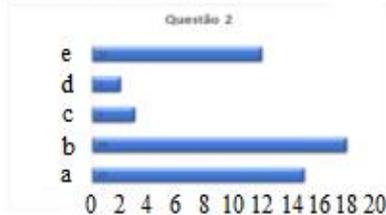
A fase da Interpretação corresponde ao aprofundamento do problema, onde são levantados o máximo de informações relacionadas exclusivamente ao problema escolhido, para evitar a fixação funcional (ROQUE, 1997).

Questionário

Neste caso foi utilizado um questionário com 8 questões relacionadas ao tempo fixo dos semáforos. As questões foram aplicadas às pessoas que estão diretamente ou indiretamente envolvidas com o problema. Na Figura 1 estão representadas algumas questões e suas respectivas respostas para ilustrar as principais questões desta ferramenta.

Figura 1 - representação das questões 2, 6, 7 e 8 do questionário de aprofundamento.

2. Quais os meios de transporte que você mais utiliza?
- Carro
 - Moto
 - Transporte Público
 - Bicicleta
 - Pedestre



6. Quanto tempo perde em espera no semáforo sem que o cruzamento esteja sendo usado durante o dia?

- 1 a 3 minutos
- 4 a 7 minutos
- 8 a 10 minutos
- Acima de 10 minutos



7. Você tem alguma crítica?

- Alto tempo de espera em alguns semáforos;
- Semáforos inadequados para alguns locais;
- Defeito nos semáforos;
- Falta de movimento nos semáforos;
- Falta de movimento nos semáforos e ter que esperar o mesmo tempo;
- Falta de tempo para os pedestres.

Fonte: Autores (2019)

8. Você tem alguma sugestão?

- Aumentar a sinalização;
- Melhorar a programação dos semáforos;
- Sensor de veículos;
- Adequar o tempo do semáforo com o fluxo de veículos;
- Semáforos inteligentes.

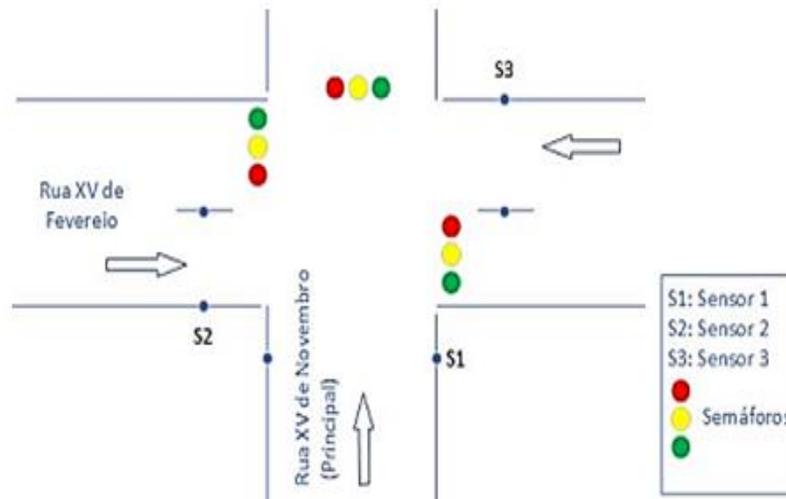
3.3 Ideação da Solução para o Problema

Considerando-se as respostas do questionário, optou-se por uma solução de ajuste de tempos semafóricos baseada no fluxo de veículos de uma intersecção (cruzamento). Nessa etapa, foram realizados estudos de possíveis soluções existentes e similares. Utilizou-se como referência técnica a nota de MING, 2019, que descreve o funcionamento dos controladores de tráfego urbano pela CET - Companhia de Engenharia de Tráfego da cidade de São Paulo e ENDO, 2006. Com alguns conceitos de engenharia de tráfego, foi escolhida uma intersecção na cidade de Cornélio Procópio que regularmente apresenta problemas de saturação na formação de filas (congestionamento) nos horários de maior fluxo veicular. A Figura 2 representa a intersecção real, indicando os sentidos e o posicionamento de três sensores que irão auxiliar no ajuste dos tempos semafóricos conforme o autômato, descrito a seguir e a equação para o tempo de verde no ciclo semafórico, descrita por:

$$TV = N.t \quad (1)$$

onde, TV é o tempo que o semáforo está no estágio verde, N é a quantidade de veículos e t é o tempo corresponde à observação da quantidade N .

Figura 2 - Croqui do cruzamento das ruas.



Fonte: Autores (2019)

Autômato

Os estados que o sistema possui, foram divididos em estados principais e estados internos do algoritmo, onde usou-se siglas para melhor compreender o que cada estado representa.

Estados principais

- P_1. Todas as vias vermelhas; espera de T_0.
- P_2. Via 1 verde, demais vermelhas; contando (carros) nas demais vias; espera de T_1.
- P_3. Via 1 verde, demais vermelhas; espera de T_2.
- P_4. Via 2 verde, demais vermelhas; espera de T_2.
- P_5. Via 3 verde, demais vermelhas; espera de T_2.
- P_6. Via 1 amarelo, demais vermelhas; espera de T_A.
- P_7. Via 2 amarelo, demais vermelhas; espera de T_A.
- P_8. Via 3 amarelo, demais vermelhas; espera de T_A.
- P_9. Todas as vias em vermelho; espera de T_VG.
- P_10. Via 1 verde.

Estados internos

- I_1. Verificando se Via i+1 possui fila (Todas as vias Vermelhas).
- I_2. Calculando T_2 para via i (Todas as vias Vermelhas).

Siglas

- Via 1 - Principal (15 de novembro).
- Via 2 - 15 de Fevereiro, sentido supermercado Molinis.
- Via 3 - 15 de Fevereiro, sentido restaurante Tradição Mineira.
- T_0 - Espera inicial quando o sistema inicia; $T_0 = T_A + T_{VG}$.
- T_1 - Espera de inicialização; 20s.
- T_2 - Tempo adequado estimado (baseado no número veículos em espera).
- T_A - Tempo de amarelo; 3s (velocidade máxima de 40Km/h).
- T_VG - Tempo de vermelho geral; 2s (velocidade máxima de 40Km/h).
- Via i - Última via que ficou verde ou via verde atual.

Transições

Na Figura 3, são apresentadas as transições que o sistema possui. Estas transições representam os eventos que fazem o autômato ir de um estado a outro, e para auxiliar na compreensão usaram-se siglas.

Figura 3 – Regras de transição do Autômato

Regra de Transição	Estado Destino
a) T_0 esgota	P_2
b) T_1 esgota	P_6
c) T_A esgota	P_9
d) T_VG esgota	I_1
e) I_1 se não há fila em i+1, I_1 Faz i=i+1	
f) I_1 se há fila em i+1, I_2 Faz i = i+1	

Regra de transição	Estado Destino
g) Não há veículos nas vias	P_10
h) I_2	P_x
i) T_2 esgota	P_y
j) Detecção de carros na via 2 ou 3	P_6

Fonte: Autores (2019).

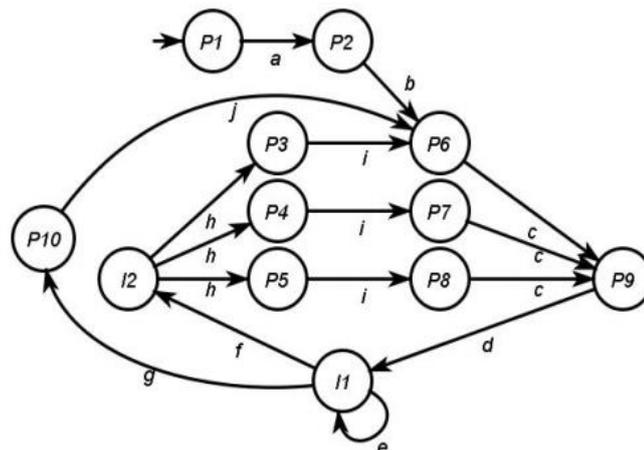
Siglas do index x e y de P_x e P_y

As siglas usadas para as transições são:

$$x = \begin{cases} 3 & \text{se } i = 1 \\ 4 & \text{se } i = 2 \\ 5 & \text{se } i = 3 \end{cases} \quad y = \begin{cases} 6 & \text{se } i = 1 \\ 7 & \text{se } i = 2 \\ 8 & \text{se } i = 3 \end{cases}$$

Para ilustrar a relação entre os estados e transições foi feito um grafo representado pela Figura 4, com ele é possível identificar todos os estados possíveis do algoritmo.

Figura 4 - Grafo que descreve o autômato.



Fonte: Autores (2019)

3.4 Protótipo

Para a construção do protótipo, foram utilizados todos os conceitos descritos até aqui através do algoritmo representado pelo autômato. Foram utilizados os seguintes materiais.

Lista de materiais

Os principais materiais utilizados são: 3 LEDs vermelhos; 3 LEDs verdes; 3 LEDs amarelos; Arduino Mega 2560; 3 LEDs infravermelhos; 3 sensores infravermelhos.

Construção

Utilizando desses materiais foi construída uma maquete protótipo, fazendo sua base de isopor, posicionando os sensores como demonstrado no croqui, empregando o Arduino Mega 2560 como controlador de todo o sistema, que foi programado para apresentar todos os estados e transições descritos e a sua inteligência utilizando da fórmula matemática (1).

Foram colocados LEDs (*Light-Emitting Diode*) na maquete como uma maneira de representar as cores do semáforo em pleno funcionamento. Posteriormente, então, foram feitos os testes na maquete.

3.5 Feedback dos Usuários

Após o teste de funcionamento do protótipo pelo grupo, ele foi mostrado para 10 (dez) pessoas, apresentando uma ilustração do funcionamento do sistema e questionados a avaliarem a solução proposta. Os feedbacks apresentados pelas pessoas foram:

- O protótipo melhora os congestionamentos;
- Esse protótipo não solucionaria completamente o problema, devido a passagem dos pedestres que é algo que interrompe a passagem dos veículos;
- Se um ciclista passar pelo sensor pode ser detectado como veículo e contabilizado o tempo extra;
- O protótipo representa uma solução que deveria ser aplicada;
- Realmente o funcionamento evitaria transtornos no cruzamento escolhido
- Veículos de tamanhos muito distintos podem fazer o sinal fechar antes.

Foi visto pelo grupo, no *feedback* dado pelos usuários, que a solução escolhida melhoraria consideravelmente os problemas da intersecção. Contudo, observou-se que o protótipo não consegue distinguir o tamanho dos veículos podendo causar problemas de temporização entre outros pontos críticos, sendo passíveis de correção.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia organizada no trabalho apresenta uma técnica descritiva, baseada em Design Thinking, que pode auxiliar se utilizada em disciplinas de integração de conceitos. Apesar da ilustração utilizada ser uma disciplina de 64 horas-aula, é possível a realizar em disciplinas com uma quantidade maior, ou menor, de créditos, e para isso, seria necessário ajustar a quantidade de ciclos de repetição das fases de Ideação, Prototipação e *Feedback* do usuário. A quantidade de repetições permite aprimorar os resultados, pois cada *Feedback* passa a ser um elemento de aprofundamento da compreensão do problema, permitindo uma abordagem da Ideação mais assertiva e contextualizada.

Através da solução proposta, foi possível observar que sua implementação real acarretaria uma provável melhora no tráfego. O questionário permitiu uma compreensão dos impactos associados ao problema e, principalmente depois de extrair esses dados, contextualizar mais adequadamente a solução problema. O fato de levar em consideração o *feedback* dos usuários do problema, o que num projeto de finalidade comercial traria muitas oportunidades de correções e melhoramentos, o que é relevante antes de sua implementação total.

A metodologia de abordagem Design Thinking foi muito importante para se visualizar o problema, sua gravidade, e seu impacto na sociedade, trazendo a possibilidade de melhor emprego de recursos escassos, tanto humanos quanto de materiais. Pelo ângulo pedagógico, a resolução deste trabalho foi importante para o aprendizado dessa nova ferramenta de solução de problemas aplicável a diversas áreas.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a UTFPR pela infraestrutura disponibilizada para a disciplina de Oficina de Integração 2. Agradecemos ao discente Maciel Balbino Nunes pelo desenvolvimento de diversas atividades apresentadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABENGE. **Educação, Mercado e Desenvolvimento: Mais e Melhores Engenheiros**. Ari A. da Rocha, José A. B. Grimoni, Marcius F. Giorgetti, Susana M. G. Lebrao e Vanderli F. de Oliveira - organizadores - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2008) - São Paulo, EPUSP e IMT, 2008.

ENDO, W.. **Algoritmo de controle de tráfego urbano baseado em otimização de ciclo, defasagem e distribuição de estágio**. Dissertação de mestrado em Engenharia Elétrica - UEL, 2006.

IDEO. **Design Thinking for Educators**. 2th. ed. New York: IDEO, 2012.

IEEE, **Systems Interoperability in Education and Training**. Disponível em: <<https://ieeesa.imeetcentral.com/ltsc/>> Acessado em: 04 mai. 2019.

MING, S. H.. **NT 201 - Uma breve descrição do Sistema SCOOT**. Notas Técnicas NT 201, Companhia de Engenharia de Tráfego - CET, 1997.

ROQUE, Vânia Ferreira. **A IMPORTÂNCIA DO COMPORTAMENTO CRIATIVO INDIVIDUALIZADO SOBRE O TRABALHO DE GERAÇÃO DE IDÉIAS**. ENEGEP, p. 1-6, 1997.

UTFPR, **Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação do Campus Cornélio Procópio**. Disponível em: <<http://portal.utfpr.edu.br/cursos/coordenacoes/graduacao/cornelio-procopio/cp-engenharia-de-controle-e-automacao>> Acessado em 04 mai. 2019.

INTEGRATING DISCIPLINES OF CONCEPTS IN THE ENGINEERING COURSES - PERSPECTIVES AND CASE STUDY

Abstract: *The integration of concepts in engineering courses is carried out in several ways: conceptual disciplines with semester projects, integrative disciplines, course completion works, scientific initiation works, extension work, among others. The integration of concepts are pedagogical activities that promote student autonomy considering the application of concepts worked in isolated disciplines of a course, within a context multidisciplinary and transversal application. This paper presents a methodological organization and a corresponding case study in a discipline. The methodological organization is based on the Design Thinking approach and the case study was the use of this approach in a semester discipline called the Integration Workshop 2 in a Control Engineering and Automation course. The results show that the methodological organization allowed to develop the integration of concepts from other disciplines in a way consistent with the context of the problem addressed. Another important result was the completion of a complete development cycle, including user feedback.*

Key-words: *Concept integration. Multidisciplinary actions. Transversal actions. Design thinking.*