

## Reestruturação da Disciplina Projeto Conceitual de Aeronaves do Instituto Tecnológico de Aeronaves baseado nos conceitos de CDIO

Adson Agrico de Paula – [adson@ita.br](mailto:adson@ita.br)

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Projeto de Aeronaves  
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias,  
CEP 12228-900 São José dos Campos - São Paulo

Luiz F. T. Fernandez – [tiberio@ita.br](mailto:tiberio@ita.br)

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Projeto de Aeronaves  
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias,  
CEP 12228-900 São José dos Campos – São Paulo

Messias Borges Silva – [messias@dequi.eel.usp.br](mailto:messias@dequi.eel.usp.br)

Escola de Engenharia de Lorena EEL - USP  
Estrada Municipal do Campinho, s/n - Pte. Nova,  
CEP 12602-810, Lorena – São Paulo

**Resumo:** Em um ambiente nacional embrionário de educação em engenharia baseado em aprendizagem ativa e ensino em projeto, este trabalho tem por objetivo apresentar e discutir as modificações pedagógicas implementadas, no sentido de estabelecer metodologias de educação ativa baseadas na filosofia CDIO, na disciplina Projeto Conceitual de Aeronaves (PRJ-22) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica no biênio 2017-2018. Reestruturação das atividades de laboratório, criação de uma sala de design thinking, estabelecimento de aulas invertidas, aula teste e criação de material educacional áudio-visual compõem as modificações do curso. Os resultados da implementação de novas metodologias baseada em CDIO mostraram um ambiente de maior aprendizagem em conceitos fundamentais do projeto bem como nas questões multidisciplinares.

**Palavras-chave:** Ensino em engenharia. Educação Ativa. CDIO. Projeto de aeronaves

### 1 INTRODUÇÃO

O ensino em projeto na universidade sempre foi um grande desafio na recente história da educação em engenharia no Brasil. Como ensinar a projetar sem se ter um projeto realmente representativo das necessidades do mercado. O passado recente do ensino em projeto mostra que muitas vezes disciplinas de projeto em universidades utilizavam como métodos pedagógicos projetos repetitivos e desvinculados das necessidades do mercado. Tais atividades levavam alunos apenas a refazerem rotinas sem criatividade de turmas anteriores para cumprirem burocraticamente as necessidades acadêmicas de um ciclo de projeto. Em outros casos, disciplinas de projetos eram substituídas por cursos ministrados por

profissionais da indústria que embora agregassem a realidade de mercado ao aluno, traziam uma metodologia pedagógica ineficiente visto que a mera exposição oral sobre a realidade de um projeto não trazia ao aluno o conhecimento de um projeto e o como fazer.

Em contraste a um ensino em projeto ultrapassado no cenário nacional e mundial, em 2000 universidades suecas e americanas manifestam o desejo em transformar o ensino de engenharia na prática de projetos que tragam para o aluno uma educação ativa e reflexiva. Um acordo entre as universidades suecas Linköping, Chalmers e a Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) dos Estados Unidos lançou a iniciativa de se ter uma nova abordagem no ensino de engenharia que se baseia em conceber, projetar, implementar e o operar um produto com necessidades do mercado como forma pedagógica de ensinar engenharia. A partir daí se estabeleceu o conceito de CDIO (Conceiving – Designing – Implementing – Operating). A nova filosofia de ensino em engenharia estabeleceu alicerces básicos para uma educação inovadora. Haveria a necessidade de mudança no currículo no sentido de trazer conhecimento para saber como fazer um projeto, implementação de novas metodologias pedagógicas, laboratórios e workshops e métodos para mensurar a evolução desse novo ensino (BERGGREN ET AL., 2003). As práticas da metodologia CDIO visam trazer para a formação do futuro engenheiro habilidades e competências relacionadas a um novo tipo de profissional mais ligado à realidade da profissão e com um conteúdo mais abrangente de modo a desenvolver ao máximo as práticas na educação em engenharia. Segundo Crawley et al (2007) estas habilidades e competências constituem a base de um novo conteúdo do ensino de engenharia.

Kon e Sale (2010) estabelecem uma importante renovação curricular e revisão crítica de conhecimento técnico e habilidades das estruturas dos cursos através de módulos de conteúdo diante da penetração sistemática da diversidade de habilidades de CDIO. Talvez um dos casos mais emblemáticos dessa nova visão em Conceber-Projetar-Implementar-Operar produtos através de uma reestruturação curricular radical seja a Universidade de Twente na Holanda. Os cursos de engenharia da universidade holandesa são estruturados totalmente no conceito CDIO. Dessa forma, cada período letivo que é realizado em três meses exercita um conteúdo específico que envolve quatro disciplinas e um projeto todos relacionados com o tema em questão. Assim, o curso durante a formação de engenharia é baseado em blocos de conteúdos específicos sequenciais sempre ligados a um projeto. Uma forma bastante pragmática e com grande quebra de paradigma mesmo para escolas que estejam à frente no ensino de engenharia.

Perante um cenário mundial de desenvolvimento de uma nova educação em engenharia que prioriza o ensino através de projetos e uma aparente estagnação do ensino nacional em engenharia, algumas poucas universidades brasileiras como a Universidade Salesiano (UNISAL-Lorena), Universidade Estadual Paulista (FEG-Guaratinguetá), Universidade de São Paulo (USP-Lorena) e o Instituto Militar de Engenharia (IME) tentam romper de forma precursora com uma educação para projeto ultrapassada e ineficiente.

Neste ambiente nacional embrionário de educação em engenharia baseado em aprendizagem ativa e ensino em projeto, este trabalho tem por objetivo apresentar e discutir as modificações pedagógicas implementadas, no sentido de estabelecer metodologias de educação ativa baseadas na filosofia CDIO, na disciplina Projeto Conceitual de Aeronaves (PRJ-22) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica no biênio 2017-2018. Reestruturação das atividades de laboratório, criação de uma sala de design thinking, estabelecimento de aulas invertidas, aula teste e criação de material educacional áudio-visual compõem as modificações do curso durante o período de 2017-2018.

## **2 CARACTERÍSTICAS DA DISCIPLINA PROJETO CONCEITUAL DE AERONAVES**

A disciplina projeto conceitual de aeronaves (PRJ-22) ministrada pelo Departamento de Projetos de Aeronaves do Instituto Tecnológico de Aeronáutico (ITA) tem como objetivo trazer o projeto conceitual de uma aeronave do ambiente da indústria para a realidade dos futuros engenheiros aeronáuticos. O escopo da fase conceitual é delimitado. As restrições de análise técnica e financeira são expostas. O nível de maturidade de equipe técnica é descrito. O fluxo de projeto propriamente dito é delineado em detalhes para que se tenha um claro entendimento do mesmo. Um projeto de uma aeronave específica é utilizado pelos alunos para exercitar o fluxo de projeto conceitual. Durante o processo de projeto da aeronave, no nível conceitual, se exercita o caráter multidisciplinar do projeto de aeronaves onde os vários requisitos irão conviver muitas vezes de forma conflituosa em disciplinas como aerodinâmica, estruturas, interiores e sistemas. Adicionalmente, no ambiente de projeto utiliza-se o próprio fluxo do mesmo com seus desafios complexos para que se atinja a compreensão plena de tópicos que foram entendidos previamente em outros cursos de forma superficial ou não interligados com outras disciplinas como, por exemplo, efeitos de forma em planta de uma asa nas características aerodinâmicas da mesma. Ou mesmo, conceitos mais elementares como o fenômeno da camada limite e seu estado turbulento e laminar. Baseado nas características descritas anteriormente relacionadas à disciplina projeto conceitual de aeronaves, observa-se que os conceitos relacionados à filosofia CDIO são bastante alinhados com as necessidades desta disciplina para que atinja seus objetivos. Dessa forma, fica evidente no processo repensado pelo autor algumas implementações pedagógicas necessárias baseadas no conceito CDIO.

## **3 IMPLEMENTAÇÃO DO CONCEITO CDIO**

Algumas ações foram implementadas no Curso de Projeto Conceitual de Aeronaves do Instituto Tecnológico de Aeronáutica no sentido de desenvolver as habilidades estabelecidas para a filosofia de ensino ativo relacionada ao CDIO. Reestruturação das atividades de laboratório, criação de uma sala de design thinking, estabelecimento de aulas invertidas, aula teste e criação de material educacional áudio-visual. A seguir são descritas tais modificações implementadas e suas características:

### **3.1 Reestruturação nas atividades de laboratório**

As atividades de laboratório foram reestruturadas de forma que se aumentasse a participação dos alunos nas atividades de laboratório e criasse maior aderência entre a aula teórica e o laboratório no sentido de que essas ações tragam maior motivação durante o curso. Nesse sentido, algumas modificações foram feitas nas atividades de laboratório. Abaixo segue as ações que nortearam a mudança de abordagem pedagógica para atividades de laboratoriais:

- Maior número de atividades de laboratório

- Realização das atividades específicas de laboratório em sala de aula com a presença do professor
- Utilização de ferramentas computacionais existentes na internet ou de uso comercial
- Detalhamento mais específico das atividades laboratoriais

***Maior número de atividades de laboratório***, o aumento no número de laboratórios teve por objetivo adequar as aulas teóricas com as aulas laboratoriais. Dessa forma, com o aumento de laboratórios, as aulas teóricas tem maior aderência às aulas de laboratório na mesma semana. Além disso, as atividades de laboratório podem ser bem distribuídas ao longo do curso o que trás maior motivação ao aluno que não realizará grandes cargas de atividades em curto período de tempo. Adicionalmente, as atividades de laboratório graduais, contínuas e adequadas à teoria da semana favorecem a um processo de aprendizagem mais profundo. Em cursos anteriores, havia sete atividades de laboratórios. A partir de 2018, o número de atividades de laboratório aumento para doze. A tabela a seguir mostra as mudanças que ocorreram para o curso de projeto conceitual de aeronaves no ano de 2018 relacionadas à mudança de atividades laboratoriais.

Tabela 1 - Modificação no número de atividades de laboratório ocorridas no ano de 2018

<b><i>Atividades de laboratório</i></b>	
<b><i>Ano 2017</i></b>	<b><i>Ano 2018</i></b>
Pesquisa de mercado & desenho da aeronave à mão	Pesquisa de mercado & desenho a mão da aeronave
Tabela comparativa de concorrentes	Tabela comparativa de concorrentes
Estimativa de peso e diagrama de Projeto	Estimativa de peso
Fases de cálculo do "projeto preliminar"	Espaço de projeto
Trem de pouso	Fases de cálculo do "projeto preliminar I"
Layout estrutural	Fases de cálculo do "projeto preliminar II"
Análise de desempenho	Trem de pouso
-	Sistemas
-	Layout estrutural
-	DOC
-	Análise de desempenho

***Realização das atividades de laboratório em sala com a presença do professor***, atividades de laboratório são efetivamente realizadas em sala de aula com a ajuda do professor durante todo o período de aula no período de 2018. Anteriormente, os alunos recebiam instruções para as atividades com exemplos realizados pelo professor durante as aulas de laboratório. Após as explicações, os alunos eram dispensados para fazerem as atividades laboratoriais como atividades de casa. Esse processo não se mostrou eficiente causando a perda de motivação pelos alunos. Nesta nova fase, o laboratório é realizado durante um período obrigatório em sala de aula e os alunos têm atividades bem claras para entregarem no final das aulas. Adicionalmente, outras atividades laboratoriais são complementadas em casa. A tabela 2 mostra a nova estruturação das atividades de laboratórios para a fase de estimativa de peso da aeronave.

Tabela 2 - Modificação nas atividades de laboratório ocorridas no ano de 2018

Laboratório de estimativa de peso	
Atividades em sala de aula	Atividades após aula de laboratório
Estimar o peso da aeronave Boeing 747	Estimativa do peso da Aeronave do projeto de curso
Estimar o peso da aeronave F16	-
Estimar o peso da aeronave Caravan	-
Discussão das diferenças de pesos obtidos para as categorias distintas de aeronaves	-
Discussão sobre parâmetros e assumidos para o cálculo de peso	-
Relatório	Relatório

*Utilização de ferramentas computacionais existentes na web ou de uso comercial,* anteriormente ferramentas computacionais feitas pelos próprios alunos demandavam tempo para a realização dos laboratórios e deixam pouco tempo para análise dos resultados que é o principal objetivo das atividades acadêmicas. Considerando que há ferramentas já prontas na internet ou códigos computacionais comerciais ligados ao ensino de projeto de aeronaves, os laboratórios utilizam, em 2018, tais recursos que trarão o foco das atividades para simulações e análises do projeto de aeronaves. Um exemplo importante nessa mudança é o uso do software VSPAERO que tem a capacidade de modelar partes da aeronave como fuselagem, asa e trem de pouso. Além disso, pode ser também utilizada como ferramenta primária de cálculos aerodinâmicos. Nesse sentido, o VSPAERO se tornou uma ferramenta básica do Curso Projeto Conceitual de Aeronaves. A figura 1 mostra as possibilidades do VSPAERO. Adicionalmente, a figura 2 mostra o potencial da ferramenta comercial PACELAB para implementação de sistemas no projeto.

Figura 1 – Desenho do avião e suas partes feitas na plataforma VSPAERO.

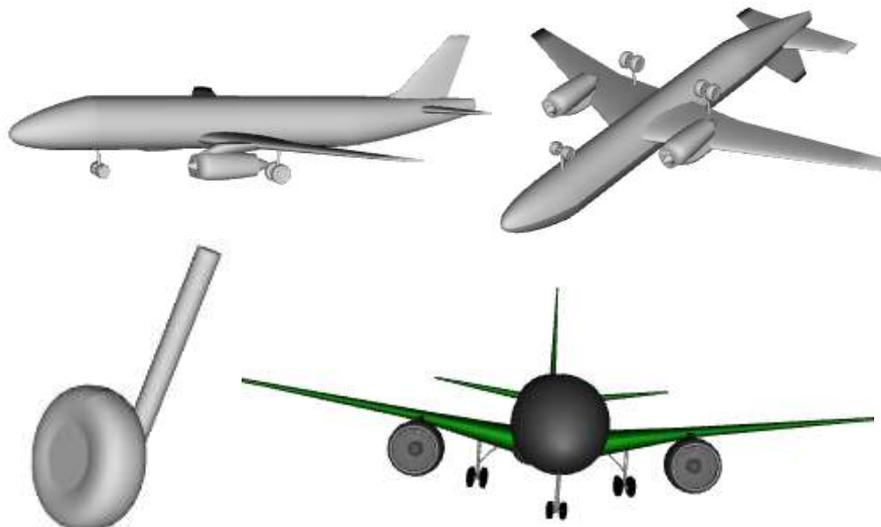
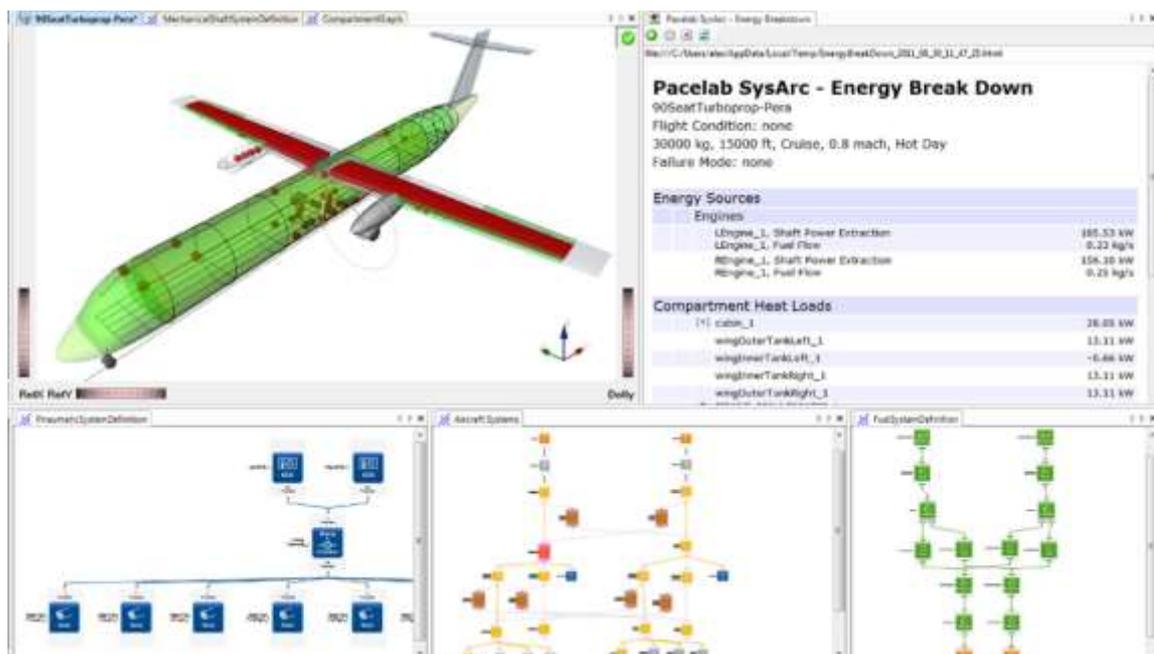


Figura 2 – Potencialidades da ferramenta comercial PACELAB no desenvolvimento de sistemas .



A tabela 3 mostra as ferramentas utilizadas durante as atividades de laboratório.

Tabela 3 - Ferramentas computacionais utilizadas nos laboratórios da disciplina de projeto conceitual de aeronaves

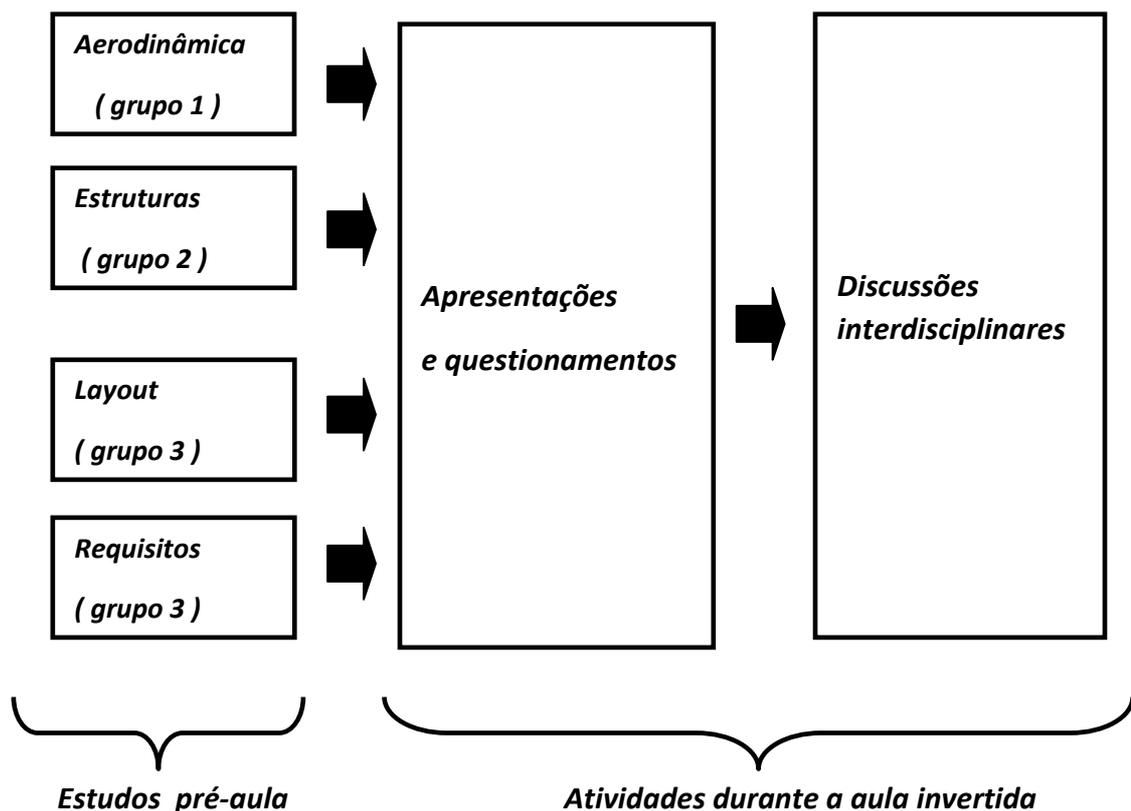
Laboratório	Ferramentas computacionais
Pesquisa de mercado & desenho a mão da aeronave	-
Tabela comparativa de concorrentes	Código oferecido pelo professor
Estimativa de peso	Código oferecido pelo professor
Espaço de projeto	Código oferecido pelo professor
Fases de cálculo do "projeto preliminar I"	VSAERO/XFOIL/AVL
Fases de cálculo do "projeto preliminar II"	VSAERO/XFOIL/AVL
Trem de pouso	Código oferecido pelo professor/VSAERO
Sistemas	PACELAB
Layout estrutural	VSAERO
DOC	Código oferecido pelo professor
Análise de desempenho	Código oferecido pelo professor

*Detalhamento mais específico das atividades laboratoriais*, em anos anteriores, segundo relato de alunos, o pouco detalhamento das atividades de laboratório deixavam os alunos com muitas dúvidas o que tornava o processo pouco eficiente. Baseado nestes relatos, as instruções para os laboratórios são agora mais detalhadas sendo que descrevem fases das atividades, softwares a serem utilizados, datas específicas de entrega de trabalhos e atividades a serem feitas em aulas de laboratório.

### 3.2 Aula invertida

A aula invertida tem sua abordagem pedagógica implementada no curso, em 2017, no sentido de fortalecer os conceitos de projeto conceitual de aeronaves através de um processo de pesquisa, atividades em grupo e apresentação oral. As atividades sempre eram implementadas e executadas através de uma visão multidisciplinar de projeto. Um novo tema a ser abordado pelo professor em uma aula tradicional expositiva tinha sua estratégia pedagógica substituída pela abordagem de aula invertida. Por exemplo, a tradicional aula de projeto conceitual de fuselagem foi utilizada para se testar a metodologia pedagógica de aula invertida. O tema e as atividades foram esclarecidos uma semana antes da realização da aula invertida. A classe de alunos foi dividida em grupos que através de pesquisa abordavam aspectos distintos do projeto de fuselagem, mas que se relacionavam de forma interdisciplinar. No dia da realização da aula, a primeira atividade em classe foi a apresentação de 40 minutos dos vários grupos e as várias abordagens das disciplinas (aerodinâmica, estruturas, requisitos e interiores). A apresentação era seguida de questionamentos de 15 minutos feitos através de quatro perguntas feitas pelos alunos da platéia. Após todas as apresentações, foram feitas discussões interdisciplinares pelos alunos através de alguns questionamentos colocados pelo professor. A figura 3 exemplifica as atividades que envolvem a filosofia de aula invertida aplicada no caso particular do tema projeto de fuselagem.

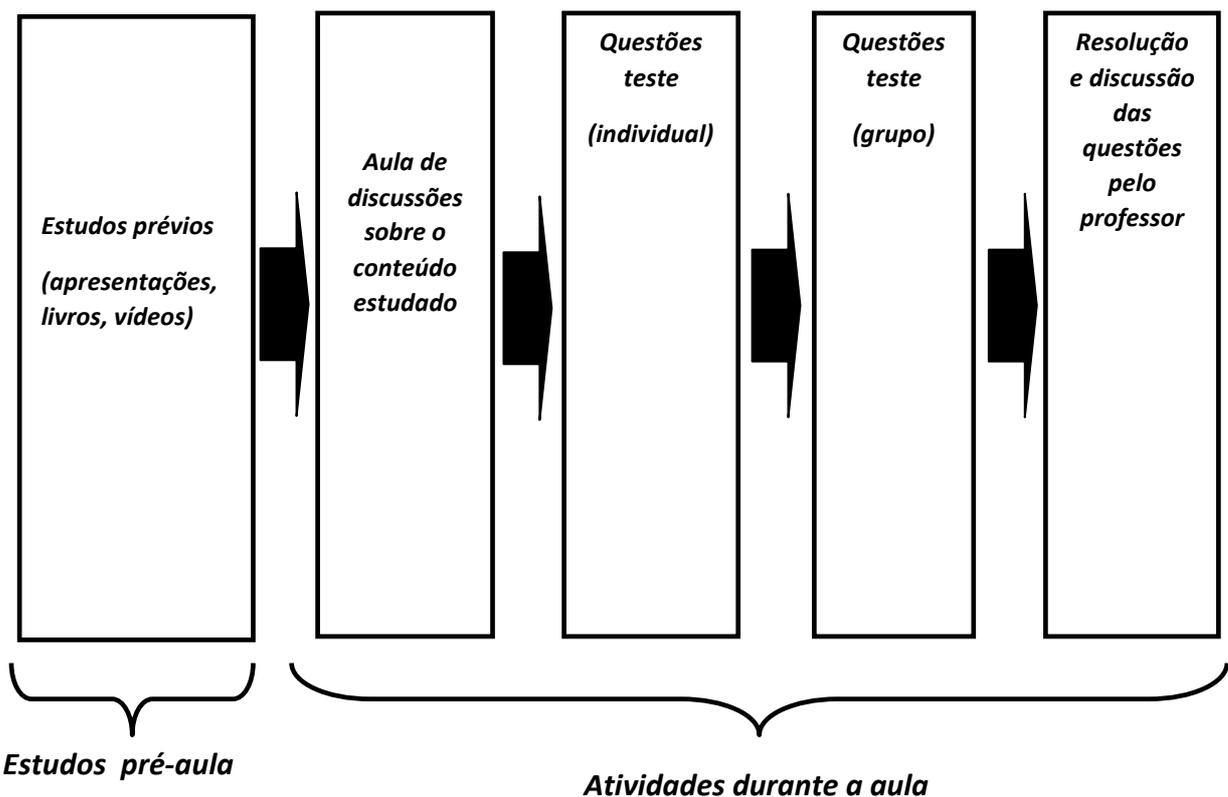
Figura 3 - Esquema de aula invertida desenvolvida para projeto de fuselagem no ano de 2017



### 3.3 Aula teste

A aula teste tem por objetivo trazer a visão mais aprofundada e interdisciplinar de alguns conceitos. Os alunos recebem orientações para um estudo prévio que pode ser baseado em material didático do professor, bibliografia referenciada ou mesmo vídeos da internet ou de autoria do professor. Durante a aula, o professor reforça de forma reflexiva os conceitos estudados previamente pelos alunos. Após a aula expositiva, há a realização de uma atividade com exercícios teste. Uma folha de exercícios teste é entregue com um número de questões que variam de seis à oito. Cada questão tem de 4 à 5 alternativas que podem estar certas ou erradas. As questões são pensadas pelo professor de um grau de médio para alto de dificuldade no sentido de levar o estudante ao questionamento de conceitos que poderiam ser encarados como entendidos em uma aula expositiva, mas que depois de discutidos, através da aula teste, tenha-se a percepção de que as questões sobre o conceito são mais profundas quando se pensa a interdisciplinaridade de um projeto aeronáutico. Os alunos têm 30 minutos para responderem as questões de forma individual. Após essa etapa, os futuros engenheiros aeronáuticos têm 40 minutos para se dividirem em grupos e cada grupo trazer uma resposta única depois da discussão técnica sobre as questões. Durante esse processo, o professor conversa com cada grupo no sentido de realizar uma orientação crítica sobre as questões. Há questionamentos, por parte do professor, sobre os vários aspectos do projeto aeronáutico caso as afirmações das questões estejam certas ou erradas. Após a entrega dos exercícios individuais e em grupo, o professor resolve as questões com os alunos em sala e discute os desdobramentos destas questões no projeto aeronáutico. A figura 4 mostra o esquema realizado para uma aula teste de projeto de forma em planta de asa.

Figura 4 - Esquema de aula teste desenvolvida para projeto de forma em planta de asa no ano de 2017



### 3.4 Sala de aula de projeto configurável

A sala configurável que está sendo implementada no plano de expansão do Instituto Tecnológico de Aeronáutica trará no segundo semestre de 2018 a possibilidade de se realizar as atividades de aulas teóricas e laboratoriais do curso de projeto conceitual de aeronaves baseadas na filosofia CDIO. Dessa forma, a sala se tornará mais uma estratégia no sentido de se elevar o nível de educação ativa na disciplina de projeto conceitual. Aulas expositivas, aulas invertidas, aula teste, atividades laboratoriais obrigatórias em sala e atividades fora do horário de classe serão realizadas nesta sala com toda infra-estrutura para que se possa plenamente desenvolver a aprendizagem focada em projeto e solução de problemas. As figuras 5 e 6 mostram os desenhos artísticos de duas possibilidades de configuração da sala.

Figura 5 - Desenho artístico de sala configurável no modo equipe de projeto.



Figura 6 - Desenho artístico de sala configurável no modo aula expositiva.



### 3.5 Aula de vídeo

A aula que utiliza recursos audiovisuais como vídeos de internet e material preparado pelo professor tem objetivo de preparar o aluno para aulas expositivas, invertidas e laboratoriais. Muitos vídeos de internet foram usados dados os recursos disponíveis na rede sobre projeto de aeronaves. Adicionalmente, o professor elaborou vídeos para os diversos tópicos do curso.

## 1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disciplina de projeto conceitual de aeronaves trás um grande desafio pedagógico para qualquer faculdade de engenharia aeronáutica que se dispõe a elaborar um curso com qualidade visto a complexidade que envolve o projeto de uma aeronave. Neste sentido, as implementações de novas metodologias pedagógicas relacionadas ao ensino de projeto, mais especificamente o CDIO, trouxeram para o curso de projeto de aeronaves do ITA um ambiente mais realista com visão de mercado através de tarefas objetivas para compreender as necessidades de um produto de sucesso. O fazer e como fazer aprendidos nas aulas laboratoriais presenciais trouxe motivação e melhor entendimento deste processo. As aulas invertidas puderam trazer o aluno para um contexto mais ativo e aprofundado relacionado às questões fundamentais de projeto como compreender os vários aspectos multidisciplinares que envolvem o projeto de fuselagem. A utilização de ferramentas de projeto disponíveis na internet aumentou o grau de entendimento das questões técnicas para definir um projeto eficiente. O aluno não tendo que desenvolver ferramentas focou seu trabalho acadêmico em análises técnicas e soluções de projeto. Dessa forma, o estudante passa por um processo de maior amadurecimento como membro de uma equipe de projeto. As aulas teste exercitaram no aluno a capacidade de pensar conceitos fundamentais como questões de aerodinâmica de asa de forma mais crítica e também desenvolveram nos alunos a capacidade de argumentação técnica em um grupo. Por fim, o projeto principal do curso acabou sendo desenvolvido em um ambiente mais favorável à compreensão do que é um projeto de aeronaves e as necessidades para se ter um projeto final com eficiência e assim um produto competitivo.

## REFERÊNCIAS

BERGGREN, K.; BRODEUR, DORIS.; CRAWLEY, E.F.; INGEMARSSON, I.; LINTANT, W.T.G.; MALMQVIST, J.; OSTLUND, S. CDIO: An international initiative for reforming engineering education. World transactions on engineering and technology education, v.2, n.1, 2003.

CRAWLEY E.F., MALMQVIST J., OSTLUND S., & BRODEUR D. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. New York, NY: Springer, 2007.

KON, A. SALE, D. Enhancing the CDIO learning experience through industrial partnered real world engineering projects. In: 6th International CDIO Conference. 2010.

## RESTRUCTURATION OF THE COURSE IN AIRCRAFT CONCEPTUAL DESIGN AT INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA BASED ON THE CDIO METODOLOGY

**Abstract:** *In an embryonic national environment of engineering education based on active learning and project teaching, this work aims to present and discuss the pedagogical modifications implemented, in order to establish active education methodologies based on the CDIO philosophy, in the discipline Aircraft Conceptual Design (PRJ-22) at Instituto Tecnológico de Aeronáutica in the biennium 2017-2018. Restructuring of laboratory activities, a new thinking design room, establishment of inverted classes, tests in class and creation of audio-visual educational material make part of the course modifications.. The results of the implementation of new methodologies based on CDIO showed an environment of greater learning in fundamental concepts of design as well as in the multidisciplinary issues.*

**Key-words:** *Education in engineering. Active Education. CDIO. Aircraft design*

Organização:



Realização:

