

# **PROJETO DE ENGENHARIA COMO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS**

**Juliano Rodrigues Gimenez**

Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental  
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 -  
CEP 95070-560 – Caxias do Sul – RS  
juliano.gimenez@ucs.br

***Resumo:** O trabalho expõe a metodologia para o desenvolvimento de um Projeto de Engenharia utilizado como Trabalho de Conclusão de Curso de graduação da Engenharia Ambiental na Universidade de Caxias do Sul. Esta metodologia, associada ao desenvolvimento e aprimoramento dos conhecimentos, habilidades e atitudes dos alunos e futuros profissionais, torna-se um pano de fundo para a implementação do planejamento e da avaliação de cada etapa do processo. Os resultados apresentados referem-se à aplicação deste método a um grupo de 24 alunos até então formados pelo curso, concluindo como efetiva e eficaz a aplicação da metodologia desenvolvida.*

***Palavras-chave:** Metodologia de ensino, Projeto de Engenharia, Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Ambiental.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho apresenta a metodologia empregada para o desenvolvimento da disciplina de Projeto de Engenharia do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul - UCS, no Rio Grande do Sul. Esta disciplina subsidia elementos que conduzem o aluno ao desenvolvimento de competências, consolidando seu Trabalho de Conclusão de Curso na forma de um Projeto de Engenharia.

Tendo em vista a deficiência de encontrarem-se bases conceituais e metodológicas para o desenvolvimento de projetos de engenharia, Gimenez e Muniz (2007) apresentam alguns elementos do ponto de vista conceitual encontrados indiretamente em algumas bibliografias, bem como outros tópicos encontrados em normas de conselho profissional (CONFEA – Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) e do Conselho Nacional de Educação (CNE), vinculado ao MEC – Ministério da Educação e Cultura. Através destas abordagens apresentam uma leitura conceitual de como poderia ser tratado um projeto de engenharia em si e concluem por entender e recomendar que o desenvolvimento de um projeto de engenharia, considerando todos os seus aspectos, configura-se como uma proposta eficaz para consolidar uma atividade de síntese e integração de conhecimentos ao longo do curso, configurando-se como um Trabalho de Conclusão de Curso – TCC.

Neste trabalho apresenta-se então o detalhamento da metodologia que vem sendo empregada neste sentido, aliada ao fato ainda de vislumbrar o desenvolvimento da competência profissional e pessoal dos alunos, desde a fase de proposição dos problemas de estudo até a consolidação das análises de viabilidade e da defesa do trabalho para uma banca.

Este artigo inicia com uma breve discussão conceitual acerca do desenvolvimento de competências, seguindo então para descrição dos métodos empregados associados a competências específicas. Conclui com os resultados factuais até então obtidos com a aplicação deste método e com a discussão sobre sua eficiência e eficácia.

## **2. COMPETÊNCIAS: COMO DEFINIR? COMO PLANEJAR AÇÕES? COMO AVALIAR?**

O conceito de competência por si só pode parecer confuso quando se buscam diversas fontes e autores, seja no campo pedagógico, normativo, administrativo, etc. Tem sido muito comum encontrar-se, por exemplo, a palavra competência conjunta com a palavra habilidade. Textos normativos do MEC e do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira), quando deliberam sobre os conteúdos e objetivos do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), recorrentemente falam no conjunto de “habilidades e competências”. O que seria então competência e o que seria habilidade?

Bloom (1972) já tratava de conceitos relativos às capacidades e habilidades intelectuais, como modos organizados de operação relacionados a técnicas generalizadas para tratar-se com materiais e problemas. Explanava então sobre os elementos da compreensão, da aplicação, análise, síntese e da avaliação, como espécies de recursos mobilizados para o desenvolvimento das capacidades e habilidades intelectuais citadas.

Para Sargis (2002 apud Miranda, 2008), competência é a capacidade de mobilizar um conjunto de recursos com o objetivo de realizar uma atividade. O Conselho Nacional da Educação (CNE) define competência profissional no art. 7º da Resolução CNE/CP nº3, como: “a capacidade pessoal de mobilizar, articular e colocar em ação conhecimentos, habilidades, atitudes e valores necessários para o desempenho eficiente e eficaz de atividades requeridas pela natureza do trabalho e pelo desenvolvimento tecnológico” (Brasil, 2002). Apesar de esta não ser uma definição enunciada especificamente para as Engenharias, entende-se que se trata de um conceito genérico e atualizado para o MEC.

Moretto (2007) trata especificamente do desenvolvimento de competências, partindo do pressuposto de que esta se trata da capacidade do sujeito em mobilizar recursos visando abordar e resolver situações complexas. Apresenta um modelo pedagógico próprio para o desenvolvimento de competências, colocando que esta se dará com a mobilização de 5 diferentes e articulados recursos: conteúdos conceituais, desenvolvimento de habilidades, linguagens, valores culturais e administração do emocional. Associativamente apresenta ainda três situações complexas específicas para o professor na busca do desenvolvimento de sua competência profissional específica: planejar aulas, ministrar aulas e avaliar a aprendizagem.

O Confea em sua Resolução nº 1.010, de 22 de agosto de 2005 (CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA, 2005), que dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização dos profissionais da área da Engenharia; apresenta uma definição para competência profissional, como sendo a capacidade de utilização de conhecimentos, habilidades e atitudes necessários ao desempenho de atividades em campos profissionais específicos, obedecendo a padrões de qualidade e produtividade.

Pode-se de todo este breve contexto de revisão teórica acerca de competência, propõe-se aqui resumi-la como sendo um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes a serem desenvolvidas para determinado fim. Esta definição tem um sentido amplo, podendo ser aplicada sob diferentes enfoques, profissional e pessoal, por exemplo. Entende-se que esta definição acaba por direta ou indiretamente contemplar as demais apresentadas pelos outros autores.

Para um graduando em um curso de engenharia, pode-se dizer que a Universidade, o curso em questão, a disciplina e o próprio professor, tem esta missão: buscar o desenvolvimento e o aprimoramento destes elementos da competência, ou ainda, contribuir com o aluno na mobilização de recursos para este fim. Os métodos aplicados nas diversas disciplinas podem já prever quais elementos de conhecimentos, de habilidades e de atitudes serão desenvolvidos, bem como de que forma e os instrumentos de avaliação contribuirão neste sentido. Assim, as avaliações não somente iriam conferir ou aferir o componente conhecimento, mas sim o conjunto dos elementos componentes da competência.

A figura 1 apresenta um esquema compreensivo deste conjunto da competência visto como a composição de três subconjuntos: conhecimentos, habilidades e atitudes. Apresenta-se este esquema, considerando-o como um resumo coerente e pertinente a partir dos conceitos revisados nas bibliografias citadas, servindo de base para a sustentação do método desenvolvido e aplicado para a elaboração do trabalho descrito neste artigo.

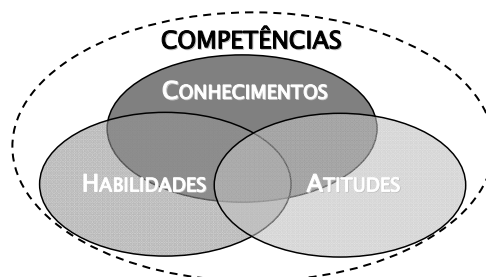


Figura 1 – Definição adotada para o conceito de Competência, como um conjunto articulado entre conhecimentos, habilidades de atitudes.

Neste esquema proposto, o subconjunto dos conhecimentos estaria associado ao objeto de aprendizado em si, ou seja, ao “saber” propriamente dito. Estaria associado de fato ao conjunto de conteúdos a serem apreendidos acerca de um dado tema, consolidando aqueles já existentes na área em estudo. O subconjunto das habilidades está relacionado ao “saber fazer”, ou seja, ao desenvolvimento da prática sobre o saber propriamente dito. Salienta-se que não somente se pode pensar em relacionar a habilidade com o conceito específico de treinamento, mas ainda com os conceitos de estabelecer correlações, inter-relações, extrapolações, sínteses, etc. O terceiro subconjunto, o das atitudes, relaciona-se com o “querer fazer”, indicando uma série de elementos relacionados a aspectos comportamentais, motivacionais, cognitivos, ambientais, de valores, etc.

Estes três subconjuntos, sob uma dada circunstância apresentam-se sobrepostos, fato que denotaria o que então denominamos de “competência plena”, considerada sobre um determinado tema ou área onde o sujeito apresenta pleno domínio, ou seja, detém os conhecimentos, as habilidades e atitudes necessárias para aplicar, desenvolver, aprimorar, tratar, etc. aquela determinada área. Esta seria a busca otimizada em termos de aprendizado, ou seja, o aprendizado se dará plenamente nesta sobreposição idealizada como ótima entre os três requisitos da competência. Entretanto, não se pode afirmar que este seria o objetivo e tampouco a capacidade (ou competência) dos nossos atuais sistemas de ensino, mas do ponto de vista de gestão e planejamento do processo, o ideal é que se a coloque como uma meta primordial.

O desafio de desenvolver uma metodologia que vise oportunizar aos alunos em fase de conclusão de curso, a elaboração de um trabalho vinculado ao seu futuro exercício profissional, pensando a cada momento de que forma se estaria contribuindo com o desenvolvimento de suas competências; foi o principal motivador deste trabalho.

### 3. O DESAFIO DE ELABORAR UM PROJETO DE ENGENHARIA COMO TCC

A metodologia em execução no curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul – UCS vem sendo implementada e aprimorada desde a primeira edição da disciplina, no primeiro semestre de 2005. Por tratar-se de uma área da engenharia e de um curso relativamente recente tanto na UCS, quanto no Brasil; preocupou-se em aplicar um método sistêmico, que permitisse um acompanhamento, análise e verificação durante todo o processo, de forma a auxiliar o aluno no desenvolvimento de seu projeto, tentando evitar interferências sobre os aspectos de tomadas de decisão e da criatividade.

Um dos maiores impasses foi o de buscar definições consistentes para um Projeto de Engenharia de fato, metodologias de planejamento e de condução do processo e, ainda mais, métodos de avaliação aplicados. Uma das poucas referências norteadoras neste sentido é apresentada por Bazzo e Pereira (2005), que descrevem o projeto de engenharia de forma estruturada, desde a fase de definição do problema até a comunicação do projeto.

Todos estes fatos foram e estão sendo motivadores para que a condução deste processo seja acompanhada, avaliando sua efetividade e eficácia ao longo do transcurso da disciplina.

Nesse sentido, Gimenez e Muniz (2007) em uma discussão conceitual acerca do tema, colocam algumas ponderações sobre a condução deste processo e apresentam um esquema onde resumidamente se expõem estas conclusões, conforme pode ser visto na figura 2.

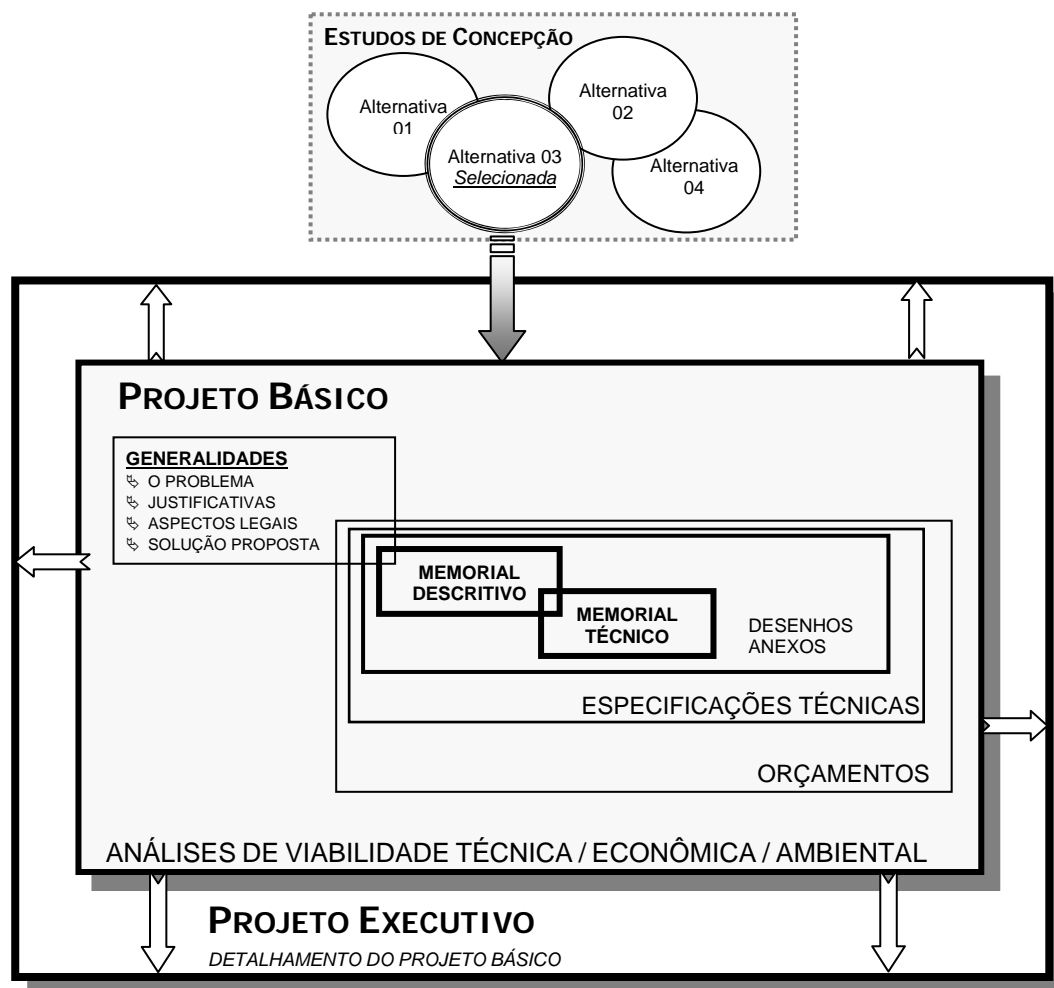


Figura 2 – Projeto de Engenharia: estrutura e inter-relações entre seus elementos constitutivos (Fonte: Gimenez e Muniz, 2007)

O desafio que se vislumbra com este cenário de complexidade que pode significar um Projeto de Engenharia, seria o de se considerar o que estes alunos, futuros profissionais, estariam aptos a desenvolver, considerando a limitação de tempo e de recursos para tal.

O desafio da elaboração do projeto se resume em estabelecer as condições suficientes para que se possa ao final do curso, ter um objeto quantificável em custos, podendo desenvolver pelo menos preliminarmente uma análise de viabilidade. Todos estes aspectos ainda alinhados com as definições da profissão de Engenharia Ambiental, suas atribuições e competências profissionais, regulamentada por conselhos profissionais.

Como um dos primeiros elementos de definição, foi necessário balizar que estes projetos de Engenharia Ambiental, para serem desenvolvidos no tempo disponível, ou seja, ao longo de dois semestres letivos, seriam preferencialmente projetos de sistemas ou de processos, evitando-se projetos de produtos, que naturalmente poderiam despendar mais tempo dos alunos.

Outro desafio foi o de esclarecer distinta e não pejorativamente as diferenças entre projetos de engenharia, de pesquisa e de desenvolvimento; partindo-se do pressuposto e do hábito científico do ensino universitário, em conduzir os trabalhos de aula ao longo dos cursos quase sempre por metodologias científicas orientadas por projetos de pesquisa. O desafio neste trabalho seria o de elaborar um Projeto de Engenharia, com todos os seus pré-requisitos e particularidades, altamente variáveis de acordo com cada problema exposto e situação das soluções propostas.

#### **4. A METODOLOGIA PROPOSTA**

Com o cenário descrito no capítulo anterior, desenvolveu-se e se vem aprimorando a cada semestre a metodologia para a condução deste processo de elaboração de um Projeto de Engenharia como TCC, considerando o desenvolvimento de suas competências como Engenheiro.

Com relação à organização curricular, cabe salientar que o Trabalho de Conclusão de Curso da Engenharia Ambiental ocorre ao longo de dois semestres letivos, acompanhado por duas disciplinas componentes da Grade de Execução Curricular do Projeto Pedagógico do curso, denominadas Projeto de Engenharia Ambiental I e Projeto de Engenharia Ambiental II, sendo o professor destas disciplinas, o Coordenador do TCC e tendo ainda um orientador para cada aluno, com atuação na área de desenvolvimento de seu trabalho.

Como primeira atividade da disciplina, não vinculado ao desenvolvimento do projeto em si, após as tradicionais apresentações e ainda sem declarar formalmente os objetivos e metodologia, se faz um trabalho com os alunos de levantamento de expectativas. Pede-se a cada um que escreva um parágrafo sobre quais as suas expectativas com relação à condução deste processo, que se dará ao longo de dois semestres letivos, culminando com a conclusão do curso de engenharia em questão. Após esta redação individual, cada aluno apresenta oralmente a turma a sua redação, colocando-se os tópicos mais destacados para discussão. Ainda para finalizar esta atividade, depois que todos leram suas frases sínteses das expectativas e as discutiram no grupo, solicita-se que resumam então suas expectativas agora mais objetivamente em cinco palavras ou expressões. Em síntese, detectam-se o surgimento de tópicos tais como: desafio, motivação, profissionalismo, disciplina, planejamento, organização, multidisciplinaridade, atribuição profissional, aplicação dos conhecimentos, etc.

Esta segunda etapa da atividade, muito vinculada obviamente com a primeira, acaba por trazer quase que explicitamente os objetivos diretos e indiretos que se buscam para o desenvolvimento dos elementos das competências já discutidas. Acaba-se por criar então um momento e um elemento de pacto entre as partes para a condução do processo, tentando alcançar então seus objetivos desejados e não simplesmente os declarados pela formalidade

(necessária) do projeto da disciplina em si. Sobre esta atividade especificamente, cabe ainda uma melhor sistematização dos resultados, com uma amostragem maior, tentando buscar elementos que auxiliem no planejamento do processo por parte da coordenação do TCC, bem como por parte dos orientadores.

Como tópico ainda do primeiro encontro com os alunos, trata-se das atribuições profissionais previstas pelos respectivos Conselhos e da formação que tiverem e vem tendo ao longo do curso. Esta explanação auxiliará nas proposições de seus temas de trabalho, tanto para que não sejam diretamente conflitantes com outras áreas profissionais, quanto para analisar a possível necessidade de outros profissionais. Esta será uma limitação do trabalho a ser o mais comedidamente tratada, evitando grandes prejuízos ao objeto final.

Parte-se então para a condução do processo que se dá com o desenvolvimento e apresentação de atividades ao longo do curso. Ao todo, nos dois semestres, serão no mínimo 15 atividades, desde a proposição inicial do projeto até sua defesa em banca, algumas desenvolvidas entre alunos e coordenador e outras em conjunto com os orientadores. Esquemáticamente, a Figura 3 apresenta um fluxograma destas atividades, destacando em cada uma o semestre em que ocorrem e ainda o momento previsto para sua ocorrência, considerando as semanas letivas do cronograma do semestre.

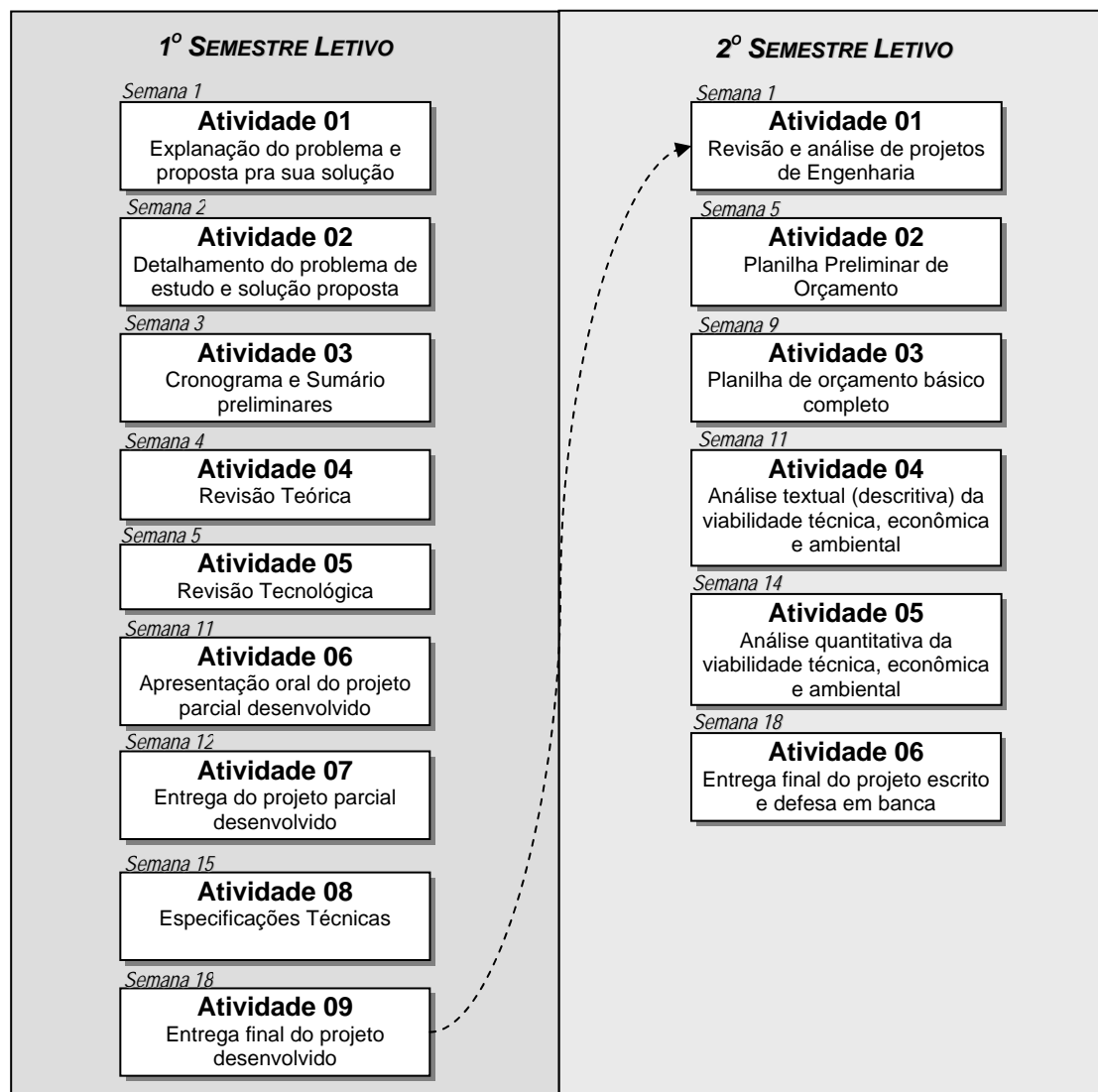


Figura 3 – Etapas de desenvolvimento da metodologia para elaboração do Projeto de Engenharia, com cada uma de suas atividades desenvolvidas em cada um dos semestres letivos.

Cada uma destas atividades será a seguir descrita, destacando seus objetivos planejados e objetos de avaliação aplicados.

***Atividade 01 – 1º semestre: Explicação do problema e de proposta para sua solução.***

Após discussão em sala de aula, a partir de proposições por parte dos alunos acerca de possíveis projetos a serem desenvolvidos; esta atividade tem por objetivo sistematizar e melhor identificar o projeto a ser desenvolvido, através da elaboração de texto com uma explicação do problema e proposta de solução. Assim para cumprir esta atividade, cada aluno irá elaborar para entrega um material contendo:

**1- Explicação do problema**, contendo uma descrição sucinta e clara sobre um dado problema relacionado à área de atuação do Engenheiro Ambiental, contextualizando sócio-ambientalmente, em escala adequada à questão (global, nacional, regional, local, particular), os fatos considerados como importantes, direcionando para a necessidade de proposição de uma solução para amenizar ou resolver este problema.

**2- Solução proposta**, com base no problema citado e exposto, apresentando uma solução técnica e factível, de onde decorrerá a elaboração do projeto para sua devida consolidação.

**3- Título preliminar.**

Esta atividade é desenvolvida entre os alunos e o coordenador do TCC, servindo de base para definição dos respectivos orientadores para cada um dos trabalhos, professores do quadro funcional da Universidade e com atuação direta ou indireta na área de estudo.

Inicia-se aqui o processo propositivo e pró-ativo por parte dos alunos, na busca de problemas a serem tratados na forma de projetos de engenharia, considerando teoricamente todos os conhecimentos aprendidos ao longo do curso e ainda, todos seus componentes de habilidades e atitudes para tomar posição com relação a um fato em que ele possa contribuir com uma proposta de solução, interrelacionando estes conhecimentos da forma mais ampla possível. Há uma indução prévia verbal com relação a estes objetivos, esclarecendo inclusive a necessidade de exercitarem as habilidades de desenvolver um projeto que considere medidas estruturais e não estruturais no seu escopo, demonstrando toda a amplitude de visão da solução de problemas complexos sob o ponto de vista do que seria o esperado de um Engenheiro Ambiental.

***Atividade 02 – 1º semestre: Detalhamento do problema de estudo e solução proposta.***

A Atividade 01 realizada entre o professor e alunos apontou proposição de projetos de engenharia a serem desenvolvidos por cada um, definindo o tema e os respectivos Orientadores. Nesta atividade agora se têm o objetivo de adequar e melhor detalhar a proposta de projeto através de texto descrevendo o “problema” e a “solução”, objetos de estudo para elaboração do projeto.

Assim, para cumprir esta atividade, cada aluno irá elaborar para entrega um material, revisado com o seu orientador, contendo os mesmos elementos da atividade 01 (descrição do problema, proposta de solução e título preliminar) agora de forma mais detalhada, já buscando identificar a profundidade e o detalhamento previsto para o desenvolvimento do projeto.

***Atividade 03 – 1º semestre: Cronograma e sumário preliminar.***

Com uma definição mais detalhada e compreensiva do problema e da proposta de solução a ser projetada; esta atividade agora apresenta como objetivo a sistematização na forma de itens que irão compor as tarefas necessárias para o pleno desenvolvimento do projeto, o que se dará através da elaboração de um cronograma e de um sumário preliminar.

Propõe-se que o cronograma seja apresentado na forma de uma planilha gráfica que visualmente permita identificar em que etapa se encontra o desenvolvimento do projeto. Esta

peça recomenda-se que acompanhe o aluno por todo o semestre, permitindo identificar fases em atraso e fases que possam ser antecipadas.

O sumário, declaradamente provisório, servirá também para balizar a condução de cada uma das etapas do processo. Considerando as instabilidades naturais que a solução de um projeto pode sofrer, dado inclusive pelo melhor aprofundamento do conhecimento do problema e da solução ao longo do desenvolvimento dos trabalhos, esta peça, o sumário, provavelmente irá sofrer alterações durante a elaboração do projeto, procurando sempre adequar-se às situações de maior ou menor detalhamento que surgirão. A organização dos itens proposta neste sumário terá conexão com o cronograma, não exatamente nos mesmos itens, pois senão acarretaria um cronograma detalhado em demasia, sem objetivo prático. Neste sentido, diferentemente do sumário, o cronograma não deve ser peça suscetível a alterações durante o projeto, sob o risco de não se lograr êxito no cumprimento das datas de entregas finais.

Orienta-se que o sumário pode ser organizado na forma dos principais títulos, tais como: introdução, justificativas, aspectos legais, memorial descritivo, memorial técnico, peças gráficas, especificações técnicas, anexos, etc.; sendo que na forma de subitens ou subcapítulos, se apresentarão todos os detalhamentos pertinentes ao tema de cada projeto.

No que se refere ao aprimoramento das competências, esta atividade, desde já auxilia na aplicação dos conhecimentos do aluno acerca do tema, bem como das suas atitudes propositivas e habilidades de correlacionar e organizar pró-ativamente a condução dos seus trabalhos.

#### ***Atividade 04 – 1º semestre: Revisão teórica.***

O objetivo desta atividade é o de conduzir os projetistas à busca de referenciais bibliográficos relacionados com o tema do trabalho. Os referenciais podem ser do tipo:

- ↳ Científicos: periódicos, revistas científicas, congressos, dentre outros, que congreguem o estado da arte com relação ao tema de estudo;
- ↳ Literários: livros e revistas, que abordem temas afins com o objeto de estudo, não necessariamente do ponto de vista científico;
- ↳ Jurídicos: legislações (leis, políticas, resoluções, etc.) internacionais, nacionais, estaduais e municipais pertinentes direta ou indiretamente ao tema;
- ↳ Técnicos: normas técnicas, cadernos técnicos, dentre outros, que abordem aspectos específicos sobre os elementos envolvidos com a consecução do projeto.

Não é objetivo desta atividade, a realização de algum texto capítulo específico denominado “Revisão Bibliográfica”, como é de praxe em projetos científicos, mas sim o de que se elabore uma relação destes referenciais pesquisados, seguidos de uma breve descrição de sua pertinência e importância diante da execução do projeto; servindo como subsídio para o desenvolvimento do trabalho, auxiliando para reforçar justificativas e também como elemento importantíssimo no que se refere à embasamentos técnicos e jurídicos.

Conforme apresentado na figura 3, esta atividade é de somente uma semana, e tem por objetivo em termos de desenvolvimento de competências, o de fazer com que o alunos comecem de imediato, buscar contato com elementos mais recentes referente ao conhecimento sobre sua área de estudos, de forma preliminar, mas o mais intensamente possível. Orienta-se aqui que aluno dê especial atenção aos referenciais jurídicos, que no caso da Engenharia Ambiental, terão um papel por vezes fundamental para o desenvolvimento de seu trabalho, bem como posteriormente para a análise de viabilidade.

#### ***Atividade 05 – 1º semestre: Revisão tecnológica.***

Estas bases tecnológicas servirão para fundamentar o projeto de engenharia. Utilizando-as ou não, direta ou indiretamente, são elementos oriundos ou de outros projetos de



engenharia, ou de projetos de desenvolvimento, bem provavelmente fundamentadas por projetos de pesquisa. Assim, o quanto antes forem pesquisadas e conhecidas estas bases, o projetista terá mais subsídios para o desenvolvimento do seu projeto.

O objetivo da presente atividade é o de fazer com que os projetistas busquem tecnologias envolvidas com o desenvolvimento dos seus projetos. Não se buscam somente tecnologias inovadoras, mas sim todos os processos, procedimentos, equipamentos, dispositivos, máquinas, materiais, etc., que se entendam aplicáveis ou de possível aplicação.

Para cumprir esta atividade, os alunos devolvem material contendo indicações destas tecnologias, tais como: catálogos, folhetos, manuais, referências, etc., que contenham os indicativos e um breve descritivo destes elementos, explanando a aplicabilidade ou possibilidade de aplicação no projeto em execução.

Assim como na atividade 04, esta se desenvolve em somente uma semana de trabalho, sendo também considerada como preliminar, pois ao longo de todo o trabalho ainda poderão encontrar outras tecnologias pertinentes de serem aplicadas. Entretanto, esta busca deve ser intensiva e pró-ativa durante esta semana, não excluindo quaisquer possibilidades, por mais remota ou até indesejável que seja a sua aplicação, em uma primeira análise.

#### ***Atividade 06 – 1º semestre: Apresentação do projeto parcial desenvolvido.***

Esta apresentação do projeto parcial desenvolvido contempla dois objetivos. O primeiro é avaliar a condução do mesmo, de acordo com o cronograma previsto e com as medidas propostas inicialmente. Com isto, espera-se ser possível auxiliar o projetista na readequação de suas ações, caso necessário. O segundo objetivo é o de servir como um exercício para apresentação e defesa pública de projetos, partindo do pressuposto que esta é uma habilidade a ser desenvolvida e aprimorada, valorizada na vida profissional, onde nossas ações e decisões são expostas publicamente. Esta atividade simula o ato de sermos avaliados pelos nossos pares, pelos contratantes, pela sociedade, por entidades financiadoras, patrocinadores, etc.

Como sistemática para a condução desta atividade, cada aluno terá um tempo máximo para executar sua apresentação. Durante esta apresentação, cada um dos alunos mais o professor, preenchem uma ficha de avaliação avaliando o conteúdo do projeto e sua apresentação, considerando 5 níveis de satisfação, desde “plenamente satisfatório” até “muito insatisfatório”. Os quesitos considerados para o conteúdo e apresentação, estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Quesitos para avaliação do conteúdo e da apresentação do projeto parcial desenvolvido

Conteúdo	Explicitação clara dos objetivos
	Objetividade e síntese das metodologias aplicadas
	Objetividade e síntese das técnicas de engenharia aplicadas
	Apresentação objetiva dos resultados (projeto proposto)
Apresentação	Postura ética e profissional
	Uso de recursos multimeios
	Clareza e objetividade gerais
	Expressão corporal e interlocução
	Determinação, convicção e segurança acerca do tema defendido e proposto

Estas avaliações, posteriormente são transformadas em valores numéricos, onde a média do grupo, compõe a nota da atividade. Esta atividade é realizada com os alunos e o coordenador do TCC, sem a participação do orientador.

#### ***Atividade 07 – 1º semestre: Entrega do projeto parcial desenvolvido.***

Complementando com o primeiro objetivo da atividade 06, esta irá ocorrer sob avaliação do coordenador e do orientador, verificando o andamento do projeto até então desenvolvido, sua adequação quanto aos objetivos propostos, qualidade do material apresentado,

cumprimento do cronograma, dentre outros aspectos que visem contribuir com o delineamento final do projeto.

Os alunos entregam aos seus respectivos orientadores os projetos impressos desenvolvidos até a presente data, com um sumário mais completo que permita verificar quais tópicos já foram desenvolvidos e quais estão em andamento. O orientador após análise dos trabalhos os repassa à coordenação do TCC, também para sua análise e avaliação. Ambos preenchem uma ficha de avaliação, com notas entre zero e dez que, na média, comporão a nota desta atividade. Os quesitos avaliados são seguintes:

- ↳ Cumprimento das metas estipuladas de acordo com o cronograma inicial do projeto;
- ↳ Adequação e correção das técnicas e conceitos aplicados no projeto;
- ↳ Pró-atividade, dedicação e interesse do aluno na busca de soluções para o projeto proposto;
- ↳ Uso de tecnologias e conceitos adequados para a solução dos problemas;
- ↳ Apresentação formal e estética do material entregue para avaliação.

#### ***Atividade 08 – 1º semestre: Especificações técnicas.***

Tem por objetivo avaliar preliminarmente como está o andamento do trabalho, do ponto de vista de elaboração das especificações técnicas, momento este em que o aluno praticamente estará em vias de conclusão e detalhamento do seu trabalho. Considerando que o projeto de engenharia trata-se de um trabalho dinâmico, sujeito a avanços e retrocessos ao longo de seu desenvolvimento e dimensionamento, este momento de elaboração das especificações, trata-se de um momento importante onde o aluno além de desenvolver suas habilidades de abstração e transcrição técnica dos objetos projetados, aprimorará a visão crítica acerca do que está propondo como solução para o problema inicialmente proposto, percebendo necessidades de mais amplitude ou aprofundamento sobre a solução proposta e projetada, ou ainda mais detalhamento sobre esta amplitude admitida como solução.

Nesta atividade, tanto coordenador, quanto orientadores, auxiliam o aluno no desenvolvimento desta sua habilidade de descrever de forma abstrata os elementos projetados.

#### ***Atividade 09 – 1º semestre: Entrega final do projeto.***

O projeto final devidamente apresentado, encadernado e com qualidade técnica, textual e gráfica adequadas, é entregue pelo aluno em duas cópias, uma ao orientador e outra para ao coordenador do TCC.

A avaliação será feita com a quantificação dos quesitos relacionados no Quadro 2, atribuindo-se notas entre zero e dez, que serão depois consideradas de acordo com os pesos ponderados, também apresentados no quadro. A nota final desta atividade será composta pela média aritmética do resultado final entre a nota do Orientador e do Professor.

Com estas nove atividades, encerra-se o primeiro semestre, com o trabalho então já definido, em termos de caracterização de um problema, proposta de uma solução, elaboração do projeto e suas respectivas especificações técnicas, salientando-se que se entende como elemento fundamental tanto para o projeto em si, quanto para as especificações técnicas, a elaboração das peças gráficas pertinentes. Todo este trabalho demanda por parte do aluno, muitos momentos de tomada de decisões, com aprimoramento da visão crítica sobre os processos em estudo, com a necessidade de interrelacionar diversos elementos de conhecimentos componentes da grade de execução curricular do curso e, ainda, de buscar outras áreas de conhecimentos. Mesmo com a presença de um coordenador e de um orientador de TCC, o trabalho acaba por exigir bastante atitude por parte do aluno, principalmente evidenciada pela autonomia e pró-ação sempre necessárias.

Quadro 2 – Quesitos e respectivos pesos percentuais para ponderação das notas atribuídas à avaliação do conteúdo e da apresentação do projeto.

QUESITOS		PESO
CONTEÚDO (80%)	<b>Caracterização do problema</b> <i>Introdução, justificativas e aspectos legais são exemplos que contribuem para identificar uma caracterização clara e objetiva que conseqüentemente tenha conduzido para uma proposta de solução através de um projeto de engenharia</i>	10%
	<b>Clareza e objetividade textuais</b> <i>Avaliar no contexto de todo o trabalho atributos de coerência, conectividade e síntese nos textos apresentados</i>	20%
	<b>Uso de técnicas e tecnologias adequadas</b> <i>Avaliar a adequação das técnicas e ou tecnologias aplicadas para compor a solução proposta ao problema apresentado</i>	20%
	<b>Abrangência do trabalho e correção das técnicas de engenharia aplicadas</b> <i>Avaliar a abrangência do trabalho, considerando pertinência e importância do mesmo frente as possibilidade de atuação da profissão de Engenharia Ambiental, conjuntamente com a correção destas técnicas aplicadas</i>	50%
APRESENTAÇÃO (20%)	<b>Correção gramatical</b> <i>Avaliar o uso correto e adequado da gramática da língua portuguesa, em termos de ortografia, sintaxe e semântica</i>	40%
	<b>Estética</b> <i>No contexto geral do trabalho apresentado, avaliar a forma estética do objeto apresentado</i>	20%
	<b>Uso de Ilustrações, fluxogramas, desenhos, figuras, fotografias, etc.</b> <i>Avaliar a adequação do uso destes elementos como forma de acrescer esclarecimentos ao projeto de Engenharia</i>	20%
	<b>Qualidade gráfica (figuras, desenhos, etc.).</b> <i>Avaliar a qualidade gráfica dos objetos utilizados para acrescer esclarecimentos ao projeto de Engenharia</i>	20%

Em seqüência, inicia-se o segundo semestre, aonde então através de mais seis atividades, se conduz para a conclusão do projeto, culminando com a apresentação pública para uma banca. A seguir descrevem-se metodologicamente cada uma destas atividades.

#### **Atividade 01 – 2º semestre: Revisão e análise de projetos de engenharia.**

O objetivo desta tarefa é trazer ao aluno a oportunidade de conduzir uma análise e revisão de um projeto de engenharia. Esta tarefa será realizada através da análise e revisão do projeto de outro aluno da disciplina, sobre o qual será emitido um Relatório de Avaliação, que deverá conter, no mínimo, os seguintes elementos:

- ↳ Correção gramatical (relato ou tabela)
- ↳ Pontos Fortes (relato)
- ↳ Oportunidades de Melhoria (relato)

Estes quesitos serão organizados e apresentados de acordo com os capítulos ou sub-capítulos em que se apresenta o projeto em análise. No mínimo cada um dos principais capítulos será avaliado, sendo que o avaliador deverá considerar a importância, relevância e pertinência de cada sub-capítulo para realizar uma análise mais detalhada.

Para fechamento do relatório, o avaliador quantifica quesitos, com notas entre zero e dez, da mesma forma feita pelos orientadores e coordenador, conforme apresentado no Quadro 2. Esta análise acaba por ser mais um elemento de auxílio para a melhoria dos projetos, tanto por parte do projeto que foi avaliado, quanto do projeto do aluno avaliando, pois este passa a perceber de forma mais clara os quesitos que estão sendo considerados para sua própria avaliação, estabelecendo uma visão mais crítica sobre seu trabalho e sobre o processo em si. Estes resultados não têm sido arquivados e sistematizados, mas em síntese, percebe-se que o que mais ocorre é a convergência entre as avaliações do aluno com as do coordenador e orientadores.

#### **Atividade 02 – 2º semestre: Planilha preliminar de orçamento.**

Esta atividade tem por objetivo a elaboração de planilha de orçamento básico do objeto projetado, nela constando os serviços discriminados necessários à plena consecução do projeto, de acordo com as especificações técnicas do mesmo.

Como orientação para formatação da planilha, sugere-se que esta contenha um primeira coluna denominada “item”, correspondente ao respectivo tópico enunciado nas especificações técnicas, seguida de colunas denominada “serviços”, “unidades” e “quantidades” também correspondentes aos objetos e elementos já especificados. Sugere-se que a presente tabela já seja elaborada em uma planilha eletrônica que posteriormente facilitará os procedimentos de

cálculos de custos unitários e totais do projeto. A planilha é entregue em conjunto com o capítulo de especificações técnicas finalizado, com consistência entre os seus itens.

Nesta atividade, o aluno começa a perceber a consistência de suas especificações técnicas e, conseqüentemente, do detalhamento do seu projeto. Evidenciam-se aqui, elementos do projeto que precisariam de um melhor detalhamento, para compor a planilha de orçamento. Assim, apesar de parecer uma atividade relativamente simples, começam a surgir pontos onde o próprio aluno sente a necessidade de rever seu projeto. Os orientadores e coordenador auxiliam nesta atividade, tentando observar estes pontos que podem ou devam ser melhor detalhadas, sob risco de deixar o valor final do projeto pouco significativo.

#### ***Atividade 03 – 2º semestre: Especificações técnicas e planilha de orçamento completas.***

Esta atividade tem por objetivo o fechamento da planilha de orçamento básico do objeto projetado, nela constando os serviços discriminados necessários à plena consecução do projeto, de acordo com as especificações técnicas do mesmo. É apresentada a mesma planilha da atividade 02, devidamente revisada e considerada como completa, agora seguida de colunas onde constem os “custos unitários” e os “custos totais”. Estes custos serão pesquisados no mercado local.

Da mesma forma que a atividade 02, esta é mais uma oportunidade para o aluno aprimorar seu projeto. A partir das pesquisas de preços que realiza, consultando o mercado local, acaba por perceber a necessidade de outros detalhamentos no seu projeto. A instabilidade da solução, assim chamada, já é algo previsto desde o início das atividades no primeiro semestre e, este momento, é um dos que mais acaba por demonstrar este fato.

#### ***Atividade 04 – 2º semestre: Análise descritiva de viabilidade técnica, econômica e ambiental.***

O objetivo é o de apresentar em um texto síntese, o direcionamento a ser dado para a análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental do projeto, considerando todos os aspectos desenvolvidos que se encontram devidamente especificados e orçados.

Esta fase contempla buscar estratégias, métodos e critérios para justificar a implantação e ou consecução do projeto, não sendo pré-requisito que o projeto seja viável economicamente. Importante nesta análise qualitativa, ou seja, nesta descrição de qual será o caminho para a avaliação quantitativa, que já sejam cotejados os benefícios tangíveis e intangíveis advindos com a implantação do projeto. As habilidades de correlação e ponderação são quesitos importantes para execução desta atividade.

#### ***Atividade 05 – 2º semestre: Análise quantitativa de viabilidade técnica, econômica e ambiental.***

Considerando então os aspectos, ponderações e métodos já apontados na atividade anterior, nesta é requisitado que o aluno apresente os resultados da aplicação das técnicas de análise econômica sobre o projeto, seguido da interpretação dos mesmos.

Espera-se a apresentação de todos os custos de investimento e operação, mais as receitas/benefícios advindos com a implantação do projeto, seguido então de análises econômicas, tais como: Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício-Custo (B/C), Taxa Interna de Retorno (TIR), dentre outras que o aluno julgar como pertinente para sua análise, devidamente justificadas. Em contraponto à eventual inviabilidade econômica, tem-se a apresentação dos benefícios ambientais intangíveis, já justificados na Atividade 04, que podem aqui serem salientados.

Da mesma forma que a atividade anterior, aqui o aluno é exigido em termos de suas habilidades para correlacionar e ponderar fatores que justifiquem o seu projeto, bem como de seus conhecimentos de análise econômica.

### Atividade 06 – 2º semestre: Entrega final do projeto escrito e defesa oral.

O projeto final devidamente apresentado, encadernado e com qualidade técnica, textual e gráfica suficientes, será entregue pelo aluno ao seu orientador e a dois membros convidados para compor a banca. O convidado para a banca é previamente escolhido em comum acordo entre o orientador, aluno e coordenador. Todos os membros avaliarão a defesa oral de acordo com a tabela de avaliação que compõe esta atividade, apresentada no Quadro 3. A nota final desta atividade será composta pela média aritmética do resultado final entre as notas dos membros da banca.

O aluno tem um prazo de 25 minutos para expor sua apresentação oral, utilizando os recursos multi-meios que julgar necessário. Os membros da banca têm 10 minutos cada um para argüir o aluno sobre o seu projeto.

Quadro 3 – Quesitos e respectivos pesos percentuais para ponderação das notas atribuídas à avaliação do conteúdo e da apresentação do projeto escrito e da defesa oral.

PROJETO ESCRITO (avaliação a ser feita <u>antes</u> da defesa em banca)		PESO
CONTEÚDO (80%)	<b>Caracterização do problema</b> <i>Introdução, justificativas e aspectos legais são exemplos que contribuem para identificar uma caracterização clara e objetiva que conseqüentemente tenha conduzido para uma proposta de solução através de um projeto de engenharia</i>	10%
	<b>Clareza e objetividade textuais</b> <i>Avaliar no contexto de todo o trabalho atributos de coerência, conectividade e síntese nos textos apresentados</i>	20%
	<b>Uso de técnicas e tecnologias adequadas</b> <i>Avaliar a adequação das técnicas e ou tecnologias aplicadas para compor a solução proposta ao problema apresentado</i>	20%
	<b>Abrangência do trabalho e correção das técnicas de engenharia aplicadas</b> <i>Avaliar a abrangência do trabalho, considerando pertinência e importância do mesmo frente as possibilidade de atuação da profissão de Engenharia Ambiental, conjuntamente com a correção destas técnicas aplicadas</i>	50%
APRESENTAÇÃO (20%)	<b>Correção gramatical</b> <i>Avaliar o uso correto e adequado da gramática da língua portuguesa, em termos de ortografia, sintaxe e semântica</i>	40%
	<b>Estética</b> <i>No contexto geral do trabalho apresentado, avaliar a forma estética do objeto apresentado</i>	20%
	<b>Uso de ilustrações, fluxogramas, desenhos, figuras, fotografias, etc.</b> <i>Avaliar a adequação do uso destes elementos como forma de acrescer esclarecimentos ao projeto de Engenharia</i>	20%
	<b>Qualidade gráfica (figuras, desenhos, etc.).</b> <i>Avaliar a qualidade gráfica dos objetos utilizados para acrescer esclarecimentos ao projeto de Engenharia</i>	20%
DEFESA ORAL (avaliação a ser feita <u>após</u> a defesa em banca)		PESO
CONTEÚDO (60%)	<b>Explicitação clara dos objetivos</b> <i>Declaração dos objetivos do trabalho apresentado, referente principalmente à exposição do problema e da solução proposta</i>	10%
	<b>Objetividade e síntese das metodologias aplicadas</b> <i>Capacidade de síntese e clareza para explicação dos métodos aplicados para a solução do problema exposto</i>	20%
	<b>Objetividade e síntese das técnicas de engenharia aplicadas</b> <i>Capacidade de síntese e clareza para explicação das técnicas de engenharia aplicadas para a solução do problema</i>	20%
	<b>Apresentação objetiva dos resultados (projeto proposto)</b> <i>Capacidade de síntese e clareza para explanação dos resultados alcançados, ou seja, do projeto em si, como o conjunto de métodos, técnicas, tecnologias, especificações, figuras, desenhos, etc.</i>	50%
APRESENTAÇÃO (40%)	<b>Postura ética e profissional</b> <i>Avaliar postura de comprometimento com o objeto projetado, considerando a ética e o profissionalismo do apresentador</i>	20%
	<b>Uso de recursos multimeios</b> <i>Avaliar a adequabilidade no uso de recursos multimeios e sua pertinência com relação ao objeto em apresentação</i>	20%
	<b>Clareza e objetividade</b> <i>Capacidade de clareza e objetividade para apresentação oral dos elementos projetados</i>	20%
	<b>Expressão corporal e interlocução</b> <i>Dinamismo na apresentação, em termos de adequação no uso dos recursos da apresentação, postura e capacidade de interlocução adequada</i>	10%
	<b>Determinação, convicção e segurança acerca do tema defendido e proposto</b> <i>Vinculado à clareza e objetividade, avaliar a determinação, convicção e segurança acerca do objeto projetado</i>	30%

Este quadro, com os quesitos e respectivos pesos, foi elaborado e vem sendo incrementado e reavaliado, segundo critérios subjetivos, contando com contribuições das experiências profissionais dos orientadores e do coordenador sobre o tema. Cabe ainda uma pesquisa mais específica, tentando avaliar de fato, quais os quesitos e pesos mais adequados para tal processo de avaliação.

## 5. RESULTADOS

Esta metodologia vem sendo aplicada, revisada, corrigida e aprimorada a cada semestre, desde a primeira turma, no primeiro semestre de 2005. Até o momento, o método foi aplicado a um total de 24 alunos e, considerando os objetos de avaliação também aqui propostos e apresentados, os resultados obtidos em termos de desempenho dos alunos, podem ser vistos no gráfico da Figura 4.

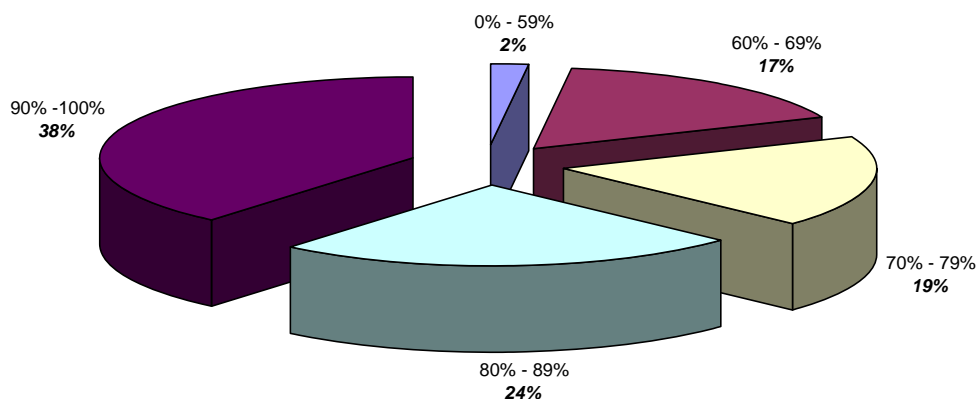


Figura 1 – Resultados obtidos com a aplicação do sistema de avaliação proposto para uma população de 24 alunos. A primeira linha de dados retrata o percentual de rendimento total e a segunda linha indica o percentual de alunos que alcançaram aquele rendimento.

Da aplicação do método, verifica-se que 38% alcançaram desempenho ótimo entre 90% e 100%. Ainda podemos ver que a maioria dos alunos, 62%, atingiu desempenho entre 80% e 100%, enquanto os demais 38% resultaram com desempenho menor de 80%.

Esta é uma análise subjetiva do método, entretanto, de certa forma, pode se considerar que o comprometimento dos alunos com o processo aplicado, em média, tem apresentado resultados positivos aparentes.

Muito ainda se tem para evoluir no processo, principalmente com relação aos instrumentos de avaliação. Sob o ponto de vista de desenvolvimento e aprimoramento das competências, esta avaliação final vem consolidar os elementos de conhecimentos, das habilidades e da atitude do aluno, percebendo-se claramente ao longo do processo, a busca do comprometimento com relação ao seu objeto em projeto e com os quesitos de avaliação propostos.

Em síntese, este sistema de avaliação tem como objetivo, além de atribuir uma nota e um conceito final, o de que o aluno analise antecipadamente o seu comprometimento com a solução e com o projeto elaborado e apresentado.

Como ressaltado anteriormente, a resolução de um problema de natureza relativamente complexa, através de um projeto de engenharia, tende a uma solução da mesma forma complexa, sujeita a instabilidades, avanços e retrocessos, e ainda sujeita constantemente a necessidade de revisão da amplitude e do detalhamento com que o tema vem sendo tratado. Assim, expor o aluno a um processo de desenvolvimento e de avaliação contínua, que permita o aprimoramento de suas competências sobre este tema, torna-se um desafio complexo para o curso e para a disciplina, bem como para a coordenação do TCC e para os orientadores.

Este trabalho não é o fim, mas simplesmente a exposição de uma metodologia, com práticas sujeitas constantemente à evolução, adequando-se às necessidades e realidades consistidas pelas situações que a justificarem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à engenharia**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2002.

BLOOM, Benjamin S.. **Taxionomia de objetivos educacionais**. Porto Alegre: Globo, 1972.

BRASIL. 2002. Portal do Ministério da Educação – MEC. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP n.º 3, de 18 de dezembro de 2002**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CP032002.pdf>>. Acesso em 20/06/2008.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. **Resolução N° 1.010, de 22 de agosto de 2005**. Disponível em: <<http://normativos.confed.org.br/downloads/1010-05.pdf>> Acesso em: 11/05/2008.

GIMENEZ, J. R.; MUNIZ, A. R. C. Análise conceitual de disciplinas de projetos de cursos de graduação de engenharias química e ambiental. XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. **Anais**. Curitiba – Paraná. 2007.

MIRANDA, Silvânia. **Identificando Competências Informacionais**. Ciência da Informação, Brasília, DF, 33.2, 10 12 2004. Disponível em: <<http://www.ibict.br/cienciainformacao/viewarticle.php?id=115>>. Acesso em: 20/06/2008.

MORETTO, Vasco Pedro. **Planejamento - Planejando a educação para o desenvolvimento de competências**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

SARGIS, Caroline. **Le processus d'identification des compétences clés: proposition d'un mode opératoire**. In: CONGRÈS ASAC-IFSAM, 2000, Montréal . Disponível em: <<http://www.claree.univ-lille1.fr/~lecocq/cahiers/Crsargis.PDF>>. Acesso em: 23/06/2002.

## ENGINEERING PROJECT AS CONCLUSION WORK OF A COURSE OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING - METHODOLOGICAL PROCEDURES FOR THE COMPETENCE DEVELOPMENT

**Abstract:** *The paper sets out the methodology for the development of a Project Engineering used as Conclusion Work of a course for graduation in Environmental Engineering at the University of Caxias do Sul. This methodology, associated with the development and improvement of knowledge, skills and attitudes of students and future professionals, it becomes a backdrop to the implementation of planning and evaluation of each stage of the process. The results presented refer to the application of this method to a group of 24 students so far trained by the way, concluding as effective and efficient implementation of the methodology developed.*

**Key-words:** *Methodology of teaching, Project Engineering, Course Conclusion Work, Environmental Engineering.*