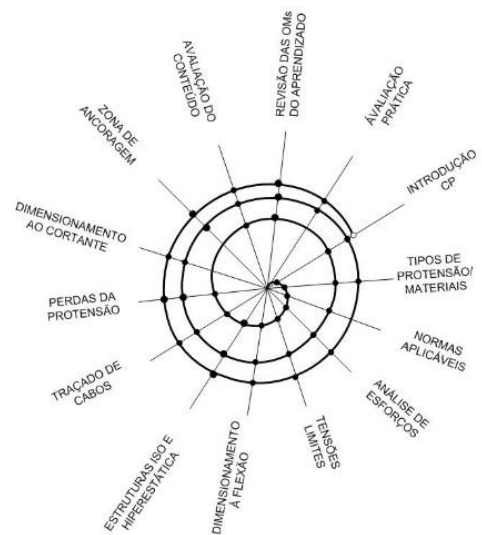
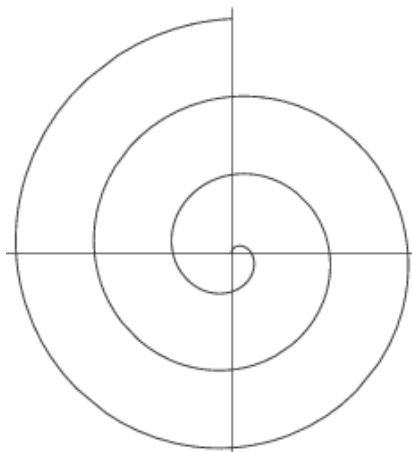




## Espiral de Ensino: Produto Educacional para Elaborar e Melhorar a Sequência Didática



**Denizard B. de Freitas**, Mestre em Ensino Científico e Tecnológico  
**Flávio Kieckow**, Doutor em Engenharia

# **SUMÁRIO**

## **APRESENTAÇÃO**

### **1- Introdução**

### **2- O Método da Espiral de Ensino Fundamentação**

#### 2.1 Inovação

#### 2.2 Aprendizagem

#### 2.3 Mapas Conceituais

#### 2.4 Planejamento Didático

#### 2.5 Processo de Melhoria Contínua

#### 2.6 Espiral de Projeto

### **3- Procedimento para Uso do Método**

#### 3.1- Planejamento da Sequência Didática

#### 3.2 - Avaliação, primeiro ciclo

#### 3.3- Aplicação na Disciplina de Concreto Protendido

#### 3.4- Resultados e Análises

### **4- Aspectos relevantes**

### **Referências**

## APRESENTAÇÃO

O Método da Espiral de Ensino é um Produto Educacional que permite ao docente preparar suas estratégias didáticas, avaliá-las e alterá-las. Busca a consolidação da sequência didática (SD) para o mesmo semestre ou para semestres seguintes. É elaborado para os cursos de engenharias, em especial para as disciplinas profissionalizantes. Contempla a interdisciplinaridade. Prevê a interatividade entre professor e aluno (ensinagem) na revisão/construção da Sequência Didática.

O Método foi desenvolvido a partir a dissertação de mestrado “MELHORIA DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM NA DISCIPLINA DE CONCRETO PROTENDIDO” do Programa de Pós-Graduação em Ensino Científico e Tecnológico da URI – Campus de Santo Ângelo, no Rio Grande do Sul.

A fundamentação teórica deste Produto tem por base a Aprendizagem Significativa (AS), essencial para formação de um bom profissional em qualquer área de atuação. No entanto, a SD aqui apresentada é direcionada para o ensino da Engenharia Civil, mais especificamente a disciplina de Concreto Protendido. O método utiliza ainda os princípios da melhoria contínua e os mapas conceituais para avaliação da aprendizagem. É inspirada na Espiral de Projeto Naval que é uma adaptação da espiral Arquimedes. Na Espiral de Ensino (como na naval) o passo de cada ciclo é variável, determinando o “Gap” entre a situação desejada e a avaliada. O processo inclui a participação dos estudantes nas ações corretivas e preventivas da própria sequência didática em uso.

## 1 INTRODUÇÃO

As disciplinas profissionalizantes de engenharia civil abordam conhecimentos essenciais para o desempenho do futuro profissional. A aprendizagem do aluno, portanto, deve se enquadrar no conceito da Aprendizagem Significativa (AS) de Ausubel (2000). As metodologias de ensino devem buscar técnicas para obter a AS. A maioria dos professores dessas disciplinas são engenheiros, especializados no conteúdo específico daquela área de atuação, porém há lacunas na área de formação do ensino, em especial, deficiências nas teorias de aprendizagem e metodologias de ensino, dificultando muitas vezes a AS do aprendiz.

Dessa forma, o ensino de engenharia deve estimular o aluno a desenvolver uma atitude de aprender. Técnicas de ensinagem (ensino + interatividade = aprendizagem) devem considerar que o aluno das disciplinas profissionalizantes é adulto, em consequência, deve-se aplicar princípios de andragogia, como é o caso da disciplina de Concreto Protendido, disciplina adotada para aplicação deste Produto Educacional.

As disciplinas de engenharia civil, que tratam do cálculo de estruturas, apresentam um alto nível de complexidade tecnológica. Existem diversos aspectos que dificultam o ensino e a aprendizagem nessas disciplinas. Por essa razão é salientado aqui a problematização e a contextualização dos conteúdos das disciplinas. Esse cenário leva ao problema central: qual o método de ensino mais adequado para se obter um aprendizado significativo e eficaz? Como usar o conhecimento dos alunos como subsunçores, segundo Ausubel (2000), para construir o conhecimento significativo? Responder essas questões é uma das principais motivações da elaboração deste Produto Educacional, Espiral de ensino.

Ademais, existe a necessidade de criar uma metodologia de ensino para elaborar um processo que melhore o ensino e a aprendizagem, permitindo aos alunos um aprendizado significativo. O desenvolvimento da Espiral de Ensino apresenta a oportunidade de usar a metodologia de projeto de Marilda Aparecida Behrens, 2008, que propõe:

- Identificar o nível de conhecimento do aluno na formação básica, necessários para a disciplina;

- Adequar o método de ensino para obter uma aprendizagem significativa;
- Avaliar e reavaliar a eficácia do método, usando mapas conceituais (MOREIRA, 2010) para a melhoria contínua (DEMING, 1990) do método.

O trabalho é fundamentado nos autores cognitivistas, destacando a AS (AUSUBEL, 2000). Utiliza mapas conceituais (MOREIRA, 2010) para a avaliação. O planejamento da sequência didática (BEHRENS, 2008), e o processo de melhoria contínua (DEMING, 1983). A espiral de Arquimedes (EVES, 2011) é adaptada como a espiral de projeto naval (EVANS, 1959) para a Espiral de Ensino. Ou seja, o passo constante entre os ciclos da espiral de Arquimedes que se desenvolve infinitamente se transforma em ciclos com passos variáveis. O passo de cada ciclo representa a diferença entre a expectativa do aprendizado e o que se avalia. A sequência didática é colocada nas radiais da espiral. A radial faz uma intersecção com os ciclos onde é definido se existe ou não aquela atividade no ciclo. Havendo melhoria no aprendizado em cada ciclo, o passo medido nas radiais reduz, tendendo a situação ideal de passo zero a medida que são ministradas e corrigidas em cada ciclo a sequência didática. Na situação ideal o último ciclo se transforma no círculo com passo zero. Caso em que se alcança a eficácia da sequência didática.

O produto educacional foi aplicado na disciplina de Concreto Protendido com resultados favoráveis, no entanto, pode ser utilizado em outras disciplinas do segmento profissionalizante, ou não, dos cursos de engenharia, e é denominado Método da Espiral de Ensino.

## **2- O MÉTODO DA ESPIRAL DE ENSINO, FUNDAMENTAÇÃO**

### **2.1 A INOVAÇÃO**

O Método da Espiral de Ensino é inovador no planejamento de conteúdos por buscar a aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000) nas disciplinas profissionalizantes de engenharia. É também inovador por envolver multidisciplinaridade em seu projeto. O planejamento do conteúdo usa a metodologia de projeto (BEHRENS, 2006). A busca da aprendizagem significativa utiliza a espiral de projeto (EVANS, 1959), usada pelos engenheiros projetistas navais. A espiral é um método gráfico que traduz a melhoria contínua (DEMING, 1977) gestão de processos e sistemas. Os ciclos da espiral são avaliados quanto ao nível de aprendizagem alcançados. A ferramenta de avaliação utilizada é o mapa conceitual (MOREIRA, 2010). As causas são buscadas para redirecionar o planejamento, utilizando os gráficos de causa e efeito, também conhecidos como espinha de peixe ou gráfico de Ishikawa (ISHIKAWA, 1993). A inovação está, igualmente, na proposta de incluir no conteúdo das disciplinas profissionalizantes a Avaliação do Impacto Tecnológico (CARLETTO, 2011) para todas as disciplinas que impactem na sustentabilidade. Esse procedimento pode eliminar a existência de uma disciplina específica para a sustentabilidade dos processos ministrados na engenharia, pois pode ser tratado transversalmente. As disciplinas, tratando no seu conteúdo os impactos tecnológicos causadas pelas mesmas, permitem uma assimilação superior ao conteúdo de uma disciplina genérica.

### **2.2 APRENDIZAGEM**

#### **2.2.1 A Aprendizagem Significativa em acordo com David Ausubel**

A aprendizagem significativa (Ausubel, 2000) tem base no modelo construtivista dos processos cognitivos do homem. No entanto, o foco no processo de transmissão do conhecimento não se ocupa dos processos cognitivos. Segundo David Ausubel (2000), o aprendizado é significativo quando uma informação nova é construída a partir do conhecimento pré-existente no aprendiz. O conhecimento pré-

existente é denominado de subsunçor, tradução do termo “subsumir” usado por Ausubel, subsumidores em espanhol. Essa relação de conhecimento é de forma não-arbitraria. Os subsunçores são conhecimentos prévios relevantes e específicos do conhecimento potencial a ser assimilado significativamente. O conhecimento pré-existente (subsunçores) deve também ser significativo. Outra característica do aprendizado significativo é a substantividade. O assimilado é a noção à substância do conhecimento, permitindo a expressão em qualquer linguagem (signos). O conhecimento passa a fazer parte da estrutura cognitiva do aprendiz e transforma-se em um novo subsunçor capaz de ancorar novos conhecimentos significativos.

Ausubel classifica a aprendizagem significativa como representacional, conceitual e proposicional. A representacional é a aprendizagem em que o significado é associado ao símbolo como a palavra. É a aprendizagem significativa mais básica, ou seja, a mais próxima da aprendizagem mecânica. Ela ocorre pelo aprendizado do significado do conceito não associado ao símbolo, isto é, à palavra. O primeiro conceito está associado ao símbolo (palavra), isso porque, neste o símbolo vai representar o conceito. O aprendizado significativo proposicional se refere ao proposto em um conjunto de palavras (signos), a ideia. O aprendizado significativo proposicional acontece com base na organização da estrutura cognitiva. A saber, a estrutura cognitiva se organiza segundo uma hierarquia no que se refere ao nível de abstração, a generalidade e a inclusividade de seus conteúdos. Os subsunçores, conhecimento pré-existente, permitem a construção de um novo conhecimento, o qual passa a ser um novo subsunçor para construção de novos conhecimentos. Por sua vez, o novo conhecimento ancora-se no existente, passando a ser âncora para um novo aprendizado.

A organização hierárquica recebe, segundo David Ausubel, a denominação de subordinado, superordenado e combinatória. A subordinada é a aprendizagem cujo potencial conhecimento significativo está diretamente subordinada à estrutura cognitiva existente no que se refere ao nível de abstração, generalidade e inclusividade. A relação do potencial signo pode ocorrer diretamente do subsunçor existente, chamada de derivativa. O aprendizado é subordinado correlacionado, quando acontece a modificação do subsunçor. O aprendizado significativo é superordenado quando acontece uma construção de conhecimento mais abrangente do que o significativo pré-existente que é, então, subordinado ao novo. O aprendizado

significativo combinatório é quando o conhecimento candidato significativo é associável ao subsunçor, nem é hierarquicamente subordinado, nem é superordenada. É construído em relação ao subsunçor ou combinação de conhecimentos significativos pré-existente, está no mesmo nível hierárquico.

O aprendizado significativo precisa fazer sentido para o aluno, precisa ser significante, porque ele é construído a partir dos conhecimentos significativos existentes. Sendo David Ausubel um psicólogo, ele considera que o significado deve ser lógico e psicológico. O significado lógico depende da natureza, transformando-se no psicológico que é da experiência da vivência. A informação nova ancora-se na existente, na estrutura cognitiva, passando a ser uma nova âncora para a construção de um outro novo conhecimento. Esse contexto leva necessariamente à cultura de origem do aluno e sua experiência emocional, psicológica. A formação associada a sua experiência, vivências devem ser consideradas no planejamento didático. O método de ensino e a definição do conteúdo devem considerar as diferentes culturas e vivências existentes em uma sala de aula. A aprendizagem significativa é obtida quando existe disposição do aluno em aprender e a informação apresentada faz sentido, significado para ele. O significado é lógico e psicológico.

A motivação acontece pelo fenômeno do aprendizado, em acordo com Ausubel. A motivação é intensificada quando o aluno identifica no planejamento de ensino o objetivo de obter a aprendizagem significativa.

Na posição extrema ao aprendizado significativo, David Ausubel considera o aprendizado mecânico, pois esse aprendizado refere-se ao relacionamento arbitrário e literal com a estrutura cognitiva do aprendiz. A memorização de fórmulas, conceitos ou rotinas acontece sem relação com informações existentes (arbitrário). A aprendizagem mecânica não tem significado para o aluno uma vez que é literal, é temporária. O aprendizado significativo são dois extremos de um contínuo aprendizado (MOREIRA, 2010)

Um engenheiro deve ter subsunçores que se relacionem com o tipo de problema ou permitam gerar um novo projeto, inovar um processo, construindo o novo a partir da base de conhecimentos existentes. A hierarquização desses subsunçores deve iniciar no seu aprendizado acadêmico. Segundo Edgar Morin (2011), “Nenhum administrador pode ser um bom administrador se for só administrador”. O mesmo se



aplica a um engenheiro, cujo conhecimento é fundamentado na memorização de fórmulas ou rotinas memorizadas durante sua formação. O conhecimento obtido dessa forma, não permite a construção de novos conhecimentos.

Um planejamento didático para um curso de engenharia deve contemplar uma metodologia que atenda aos requisitos para aprendizagem. Isso requer um conhecimento aprofundado do conhecimento prévio dos alunos, o que existe de significativo nos aprendizes. O método de ensino, a apresentação dos conteúdos, devem ser planejados para alcançar a aprendizagem significativa em função do grupo. A aprendizagem deve ser monitorada por meio de avaliações qualitativas a pequenos intervalos, visando ajustes no processo de ensino. As ferramentas para avaliação podem ser mapas conceituais feitos pelos alunos. Os objetos de aprendizagem são denominados por Ausubel como organizador avançado. O organizador avançado é uma ferramenta didática para associar o que o aprendiz sabe com o que precisa saber.

O planejamento didático de uma disciplina deve levar em conta os quatro princípios (AUSUBEL, 2000): a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa, a organização sequencial e a consolidação.

A diferenciação progressiva consiste em colocar, no início da disciplina, os conceitos mais gerais e inclusivos, inserindo progressivamente a diferenciação das especificidades. Tem como base a organização cognitiva hierárquica das pessoas, ressaltando que nessa organização os conceitos mais gerais, inclusivos estão no topo e depois está o detalhamento diferenciado do desdobramento das especificidades. A justificativa é apresentar o conteúdo da mesma forma que será organizado cognitivamente.

A reconciliação integrativa consiste em identificar a relação entre os conteúdos apresentados, tais como as semelhanças, diferenças.

A organização sequencial consiste em estabelecer a ordem de apresentação lógica, atendendo aos dois princípios anteriores, atentando para as relações de dependência lógica dos conteúdos.

A consolidação é o princípio da insistência no material ensinado antes que novo material seja apresentado. Podem ser utilizados os objetos de aprendizagem, os exercícios e os organizadores avançados, fortalecendo o que o aprendiz já sabe.

A aprendizagem significativa, apresentada por David Ausubel, teve seguidores como J D Novack e DB Godwin, inspiradores do cognitivismo, cujos pensamentos básicos estão a seguir.

### **2.2.2 A visão Humanista da Aprendizagem Significativa: Teoria da Educação**

A Teoria Humanista de J. Novack faz uma revisão da aprendizagem significativa focando o lado humano da pessoa (MOREIRA,2010). Os autores citados neste trabalho referem-se ao aprendizado do ponto de vista cognitivo. J. Novack considera a parte humana do aprendiz. O que implica considerar a disposição de quem recebe, pois não é suficiente que apenas o material de ensino seja potencialmente significativo. O estudante deve estar disposto a receber em sua estrutura cognitiva, o aprendizado significativo, não arbitrário e não literal (Ausubel, 2000). O estudante precisa querer, sendo a vontade dele, memorizar as informações mesmo que objeto de ensino seja potencialmente significativo, tendo em vista que o aprendizado é mecânico. A Teoria da Educação de J. Novack considera que deve existir a integração entre pensamento e sentimento, os seres humanos pensam, sentem e agem. Aparece, então, a valorização da pessoa, ou seja, o empoderamento humano. Ainda J. Novack preconiza que o ensino e a aprendizagem ocorrem numa relação de troca significativas e sentimentos, esta deve ser a relação entre aluno e professor. As técnicas e ferramentas de ensino devem considerar essa forma de relação e aprendizagem.

O pensamento e técnicas de ensino de J. Novack são também base do método de ensino desenvolvido neste PE. Por essa razão, há um item para os Mapas Conceituais de J. Novack.

## **2.3 MAPAS CONCEITUAIS**

### **2.3.1 Conceitos**

Mapas conceituais são diagramas que traduzem de forma hierárquica os conceitos de um determinado conjunto ou subconjunto do conhecimento, inter-relacionando-os. Os conceitos são normalmente representados por palavras e a inter-relação também é feita por palavras que definam o tipo de relação. Os mapas conceituais foram criados por Joseph Novack para representar o modelo hierárquico

da estrutura cognitiva do indivíduo. Novack busca dispositivos, ferramentas que venham a facilitar a transmissão do conhecimento para vir ao encontro da teoria da assimilação de David Ausubel e de sua própria teoria da educação que considera, na transmissão dos significados, os sentimentos (MOREIRA, 2010).

Os mapas conceituais são empregados em diversas etapas dos processos para facilitar o ensino e a aprendizagem. Neste estudo, os mapas conceituais são utilizados como instrumento de avaliação dos conceitos percebidos pelo aluno de engenharia na disciplina de Concreto Protendido.

Os mapas conceituais de J. Novack não devem ser confundidos com os mapas mentais de Tony Buzan, tampouco com fluxogramas ou organogramas. Os mapas mentais fazem associações estáticas e não necessariamente conceituais, podem ser usados para facilitar a memorização e em consequência, o aprendizado torna-se mecânico, isto é, estáticos. É possível afirmar que os mapas conceituais são dinâmicos, por serem voltados para o aprendizado significativo, hierarquizam conceitos e relacionam conceitos. Os fluxogramas estabelecem a sequência de atividades de um processo e o organograma estabelece os níveis de dependência ou hierarquia de uma organização.

A primeira assertiva é que mapas conceituais têm uma única regra, representar o modelo hierárquico do elaborador. Deve identificar os conceitos mais inclusivos e os específicos e suas relações. Não existe nenhuma regra para formas de apresentar os conceitos, pois podem estar ou não internos às figuras geométricas e ligados por linhas com ou sem setas. Podem ter linhas rotuladas com palavras que definam o tipo de ligação entre os conceitos. É fundamental a liberdade de expressar o entendimento do professor ou do aluno porque deve representar o aprendizado significativo. Com essa ideia não é possível corrigir um mapa conceitual de um aprendiz ou professor, pode-se avaliar a estrutura de conceitos apresentados para eventual alteração no método de apresentação. É importante tomar o cuidado de não utilizar os mapas conceituais como instrumentos de memorização, contrariando a proposta de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000 e NOVACK, 1991).

A despeito do exposto, são apresentadas, a seguir, orientações que foram, em sua maioria, seguidos no desenvolvimento deste trabalho, segundo Marco Antônio Moreira (2010):

- Escolher figuras geométricas que representem os conceitos mais inclusivos e diferenciá-las dos específicos nos seus respectivos níveis. Escolher uma elipse, por exemplo, para o mais inclusivo. O retângulo para os específicos, incluindo uma terceira figura para diferenciar os níveis pode ser o círculo. As figuras que contiverem os conceitos mais abrangentes vão no topo e são niveladas pela abrangência dos conceitos específicos.
- Usar linhas com setas para fazer as ligações ou duplas setas na relação biunívoca, cuidando para não projetar um fluxo que representa a sequência de atividades de um processo, pois as ligações são conceituais. Sobre as linhas rotular com a palavra que represente o tipo de relação entre os conceitos.
- Identificar os conceitos-chaves, limitando entre 6 e 10 o número de conceitos.
- Ordenar os conceitos, colocando-os no interior das figuras escolhidas. A disposição é do topo da figura gradualmente para baixo. Associar os demais conceitos do conhecimento que se queira mapear.
- Conectar os conceitos com linhas, colocar as setas, sendo o caso e rotula-los com as palavras que representem a ligação, tais como “depende”, “gera”, “causa” ou a que mais se adequar a relação. Estabelecer as relações verticais, horizontais e cruzadas entre conceitos.
- Revisar os mapas para verificar se representam os conceitos. Como na aprendizagem significativa novos conceitos se formam o mapa conceitual é dinâmico para adequar-se ao desenvolvimento.

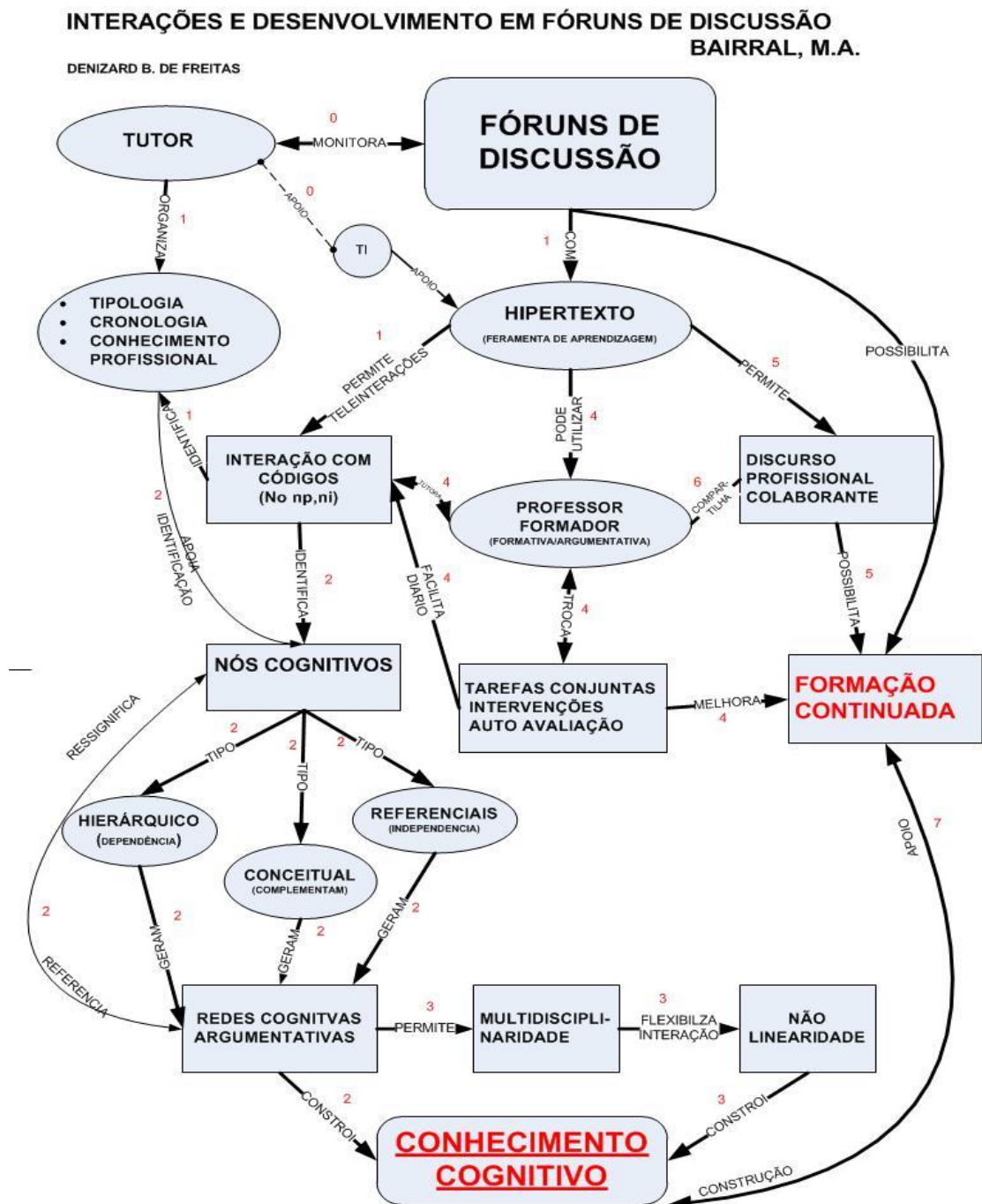
A construção do mapa, sendo em grupo, existe um compartilhamento de conhecimento favorável à aprendizagem significativa.

### **2.3.2 Exemplo de Aplicação de Mapa Conceitual**

O curso de Mestrado em Ensino Científico e Tecnológico da URI-Santo Ângelo, ofereceu oportunidades para que fossem aplicadas as técnicas de mapas conceituais (MOREIRA, 2010) para a apresentação dos trabalhos das disciplinas. A Figura 1 refere-se a uma tarefa de apresentar o entendimento do capítulo Interações e desenvolvimento profissional em fóruns de discussão, utilizando a ferramenta hipertexto (BAIRRAL, 2007). Os conceitos são colocados dentro de figuras geométricas escolhidas aleatoriamente. As relações entre os conceitos são estabelecidas por palavras inseridas na ligação. Como por exemplo, a relação do

monitor com o Fórum de Discussão, “Monitora” (Fig. 1). O TI “Apoia” e assim por diante. O trabalho é preparado para lembrar a hierarquia dos conceitos para o apresentador. São colocadas junto às ligações, números arábicos, reforçando a ordem (hierarquia) para o apresentador. Para elaboração das figuras é utilizado o programa Visio, da Microsoft.

Figura 1 - Exemplo de mapa conceitual.



Fonte: Autor

## 2.4 PLANEJAMENTO DIDÁTICO

### 2.4.1- Currículo

A inclusão do pensamento de Antónia Nóvoa (2004) é para mostrar a importância dada à transversalidade no ensino tecnológico, mais especificamente, no ensino de engenharia, objeto deste trabalho. O desenvolvimento necessário pode ser acelerado com o partilhamento (NÓVOA, 2004), isto é, interação entre as diversas áreas do conhecimento envolvidas no ensino de engenharia com especialistas de ensino. Os especialistas em andragogia, ensino de adulto, devem partilhar a sua formação com os especialistas de cálculo, física, estruturas, concreto e todas as outras envolvidas nas especialidades dos diversos cursos tecnológicos. Segundo Nóvoa, o partilhamento deve também ser considerado entre os alunos. As diferenças de formação, origem, cultural, étnicas devem ser consideradas na busca pela aprendizagem. Portanto, esse partilhamento pode ser feito por meio de atividades didáticas pelo compartilhamento de atividades. Estas propostas devem estar materializadas na estrutura dos currículos no planejamento das disciplinas. O conteúdo e o método devem contemplar as diferenças dos alunos.

O planejamento de uma disciplina é um projeto cujos requisitos e critérios são estabelecidos, são as entradas. É o projeto de um processo. Em outras palavras, o produto é a aprendizagem. Um projeto que precisa de multidisciplinaridade. Torna-se necessário descrever a seguir uma metodologia de projeto (BEHRENS, 2006)

### 2.4.2 Planejamento com Foco na Aprendizagem

Foi visto que o planejamento de ensino é o projeto de um processo. Marilda Aparecida Behrens (2006), o define como projeto no sentido pedagógico como sendo uma proposição de uma sequência inter-relacionadas de atividades didáticas, críticas, reflexivas, problematizadoras com o objetivo de obter a aprendizagem significativa.

As etapas propostas (BEHRENS, 2006) contemplam; discussão do esboço do processo, problematização, contextualização, apresentação teórica, produção individual, discussão coletiva (compartilhamento), produção coletiva (partilhamento), avaliação coletiva, pois o foco é a aprendizagem. Essa metodologia é utilizada não só na elaboração do conteúdo quanto no método do processo de ensino da disciplina

desenvolvida neste trabalho. O objetivo no projeto do processo de ensino de concreto pretendido é a aprendizagem significativa.

## 2.5 O PROCESSO DE MELHORIA CONTÍNUA

### 2.5.1 Origem da melhoria continua no mundo ocidental

O processo da melhoria contínua tem como base um instrumento desenvolvido por W. E. Deming (1977) denominado PDCA. As iniciais em inglês de “Plan”, “Do”, “Check” e “Action”, traduzindo para o português, significam planejamento, execução, verificação e ação (correção ou melhoria). Cabe ressaltar, que o ciclo ocorre continuamente. A fase da verificação, encontrando oportunidades de melhoria, provoca a busca pela correção da causa real da oportunidade de melhoria (ISHIKAWA, 1993). É feita, então, uma ação (correção) para eliminar a causa real. A busca da causa pode resultar na identificação de causas potenciais não detectadas, que podem gerar, também, oportunidades de melhoria. É um instrumento com base no princípio japonês “Kaisen” que tem o sentido de melhoria contínua (DEMING, 1977). Este instrumento é muito utilizado na gestão das organizações, especificamente na gestão de processos. Resultou da vivência de Deming com a sociedade de engenheiros japoneses denominada “JUSE”. A saber, Deming foi encarregado pelo governo dos Estados Unidos da América a apoiar a recuperação do Japão após a segunda Guerra Mundial. A convivência de Deming com a cultura japonesa associada aos seus conhecimentos (Estatístico voltado para a produção) traz uma contribuição significativa no desenvolvimento da gestão voltada para a obtenção da eficácia dos processos industriais e sistemas de gestão das organizações. O desenvolvimento das ferramentas de gestão de processos e sistemas no ocidente, na busca da eficácia dos produtos, está relacionada com a interação entre as técnicas ocidentais e a cultura japonesa, após a Segunda Guerra Mundial. Diversos autores ocidentais serviram-se dessa associação para desenvolverem seus diversos métodos em aplicação com sucessos pelas organizações ocidentais. É preciso lembrar que a Revolução Industrial, início do século XX, trouxe um acréscimo de produtividade, mas, por outro lado, passou a comprometer os resultados. A revolução industrial é o abandono do artesão pela produção em série. O artesão era uma pessoa ou poucas que fazia todas as atividades de um processo e a gestão da organização. Os artesões tinham domínio e sensibilidade do todo. A

Revolução Industrial traz a fragmentação das atividades, ou seja, cada pessoa faz uma atividade e a gestão é feita por outros, ninguém tem o domínio do todo. Aqueles que o têm não conhecem as atividades. Existe, então, um comprometimento no resultado, a eficácia. É impossível voltar à época do artesão, logo parte-se para buscar mecanismos, métodos para transformar o conjunto de processos em um sistema eficaz.

O MEG, Modelo de Excelência da Gestão, da FNQ (Fundação Nacional da Qualidade) é um disseminador da melhoria contínua. Anualmente, é feita uma avaliação das organizações que se candidatam. O objetivo é parametrizar o nível de desenvolvimento da candidata em relação aos referenciais mundiais. Entre outros fundamentos que são avaliados, o principal critério é a existência de um processo de melhoria contínua, o PDCL. As três primeiras iniciais são as mesmas de Deming e a última é “Learn” que significa aprender (FNQ, 2011), são os mesmos do ciclo Deming, (1977).

Existe uma similaridade nos processos de ensino, na avaliação da aprendizagem e nas correções de métodos descritos a seguir.

### **2.5.2 A aplicação da melhoria continua no ensino e a aprendizagem**

O processo de ensino pode ser submetido às ferramentas de melhorias contínuas, a proposta por Deming (1977), por exemplo. A nível de uma disciplina, existe o planejamento de conteúdo, a metodologia, onde inclui a avaliação da aprendizagem. Após a avaliação cabe uma análise dos resultados pelo professor ou colegiado, onde identifica as não conformidades da aprendizagem em relação às expectativas ou metas estabelecidas, qualitativas ou quantitativas. As não conformidades ou oportunidades de melhorias são analisadas e identificadas as causas (ISHIKAWA, 1993). Por sua vez, as causas podem ser: sequência de apresentação do conteúdo, conteúdo, aprofundamento do método, ambiente, inadequação da formação dos alunos, entre outras. Identificadas as causas, é possível determinar as alterações (correções) e partir para um novo ciclo. A nível sistêmico, por exemplo, é possível aplicar no curso a mesma metodologia.

Na aprendizagem significativa, desenvolvida D. P. Ausubel (2000) e continuadores como J. D. Novack e DB Godwin, existe a recomendação de desenvolver permanentemente. Os autores que antecedem e sucedem Ausubel, fundamentados no



cognitivismo, também propõem avaliações e melhorias. A ferramenta Mapas Conceituais de J. D. Novack (MOREIRA, 2010) são aplicáveis para a avaliação significativa. Essas colocações reforçam a utilização do processo da melhoria contínua no ensino e na aprendizagem significativa, objeto deste trabalho (Método da Espiral de Ensino).

Por conseguinte, esse item é utilizado como um dos fundamentos do desenvolvimento do objeto do trabalho. A espiral de projeto (EVANS, 1959) naval traduz graficamente a melhoria contínua em projeto, aqui adaptada para o objeto do trabalho, é colocada a seguir. Dessa forma, trata-se da melhoria do ensino e da aprendizagem, como uma ação preventiva nos conteúdos de ensino da engenharia, os quais, devem contemplar a sustentabilidade ou, por outra, a avaliação de impactos tecnológicos.

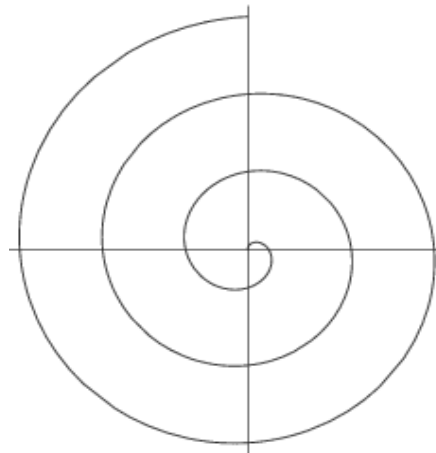
## 2.6 ESPIRAL DE PROJETO

### 2.6.1 A Origem: Espiral de Arquimedes

A utilização da espiral adaptada requer uma descrição de como é formada a figura geométrica original. É necessário saber como é feita a sua adaptação para se transformar em uma ferramenta de planejamento de projeto. Esta, por sua vez, transformada na Espiral de Ensino, apresentada neste trabalho. A adaptação leva ao entendimento de melhoria contínua (DEMING, 2003), o que se quer aplicar no ensino para obtenção do aprendizado significativo (AUSUBEL, 2000).

A espiral de Arquimedes (Fig. 2) é uma figura geométrica que se desenvolve a partir de um centro com ciclos, cujo raio vai crescendo com passos constantes à medida que o ângulo de giro aumenta (EVES, 2011). Outra forma de entender a sua construção, é um eixo girando com uma velocidade constante e sobre ele um ponto se deslocando, também, com a velocidade constante.

Figura 2 - Espiral de Arquimedes



Fonte: Autor

### 2.6.2 A Adaptação para Espiral de Projeto

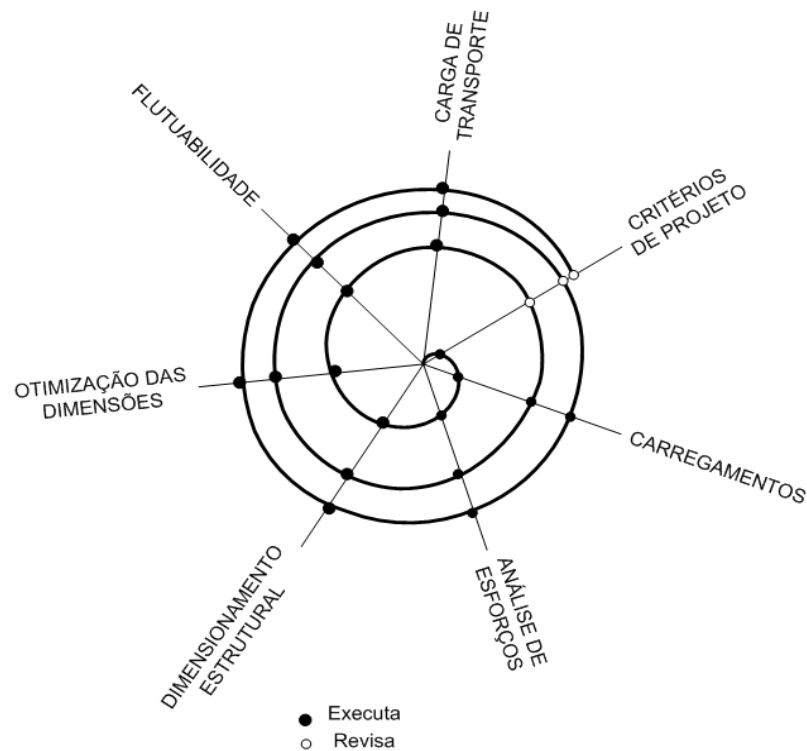
Os projetistas navais adotam a recomendação das normas da DNV (Det. Norske Veritas, 1990) que preconizam a utilização da espiral de Arquimedes estilizada e desenvolvida por J. H. Evans (1959). Os ciclos da espiral representam os ciclos de análise de uma embarcação. Em geral, são determinados os carregamentos permanentes (peso próprio), ambientais (vento ondas) e de utilização (capacidade de carga). Após, é determinado o empuxo de água necessário para a flutuação, volume de água deslocado. Ou seja, as dimensões do navio que devem estar submersas (calado). São, então, determinadas as condições de equilíbrio do navio (centro de gravidade e centro de empuxo). Os carregamentos permitem determinar os esforços atuantes na estrutura resistente da embarcação. Os esforços conhecidos, levam ao dimensionamento das seções transversais dos elementos estruturais. Essas dimensões impactam no carregamento do peso próprio que, por sua vez, tem consequências no volume de água deslocado necessário para a embarcação flutuar. O que se deseja é que a embarcação alcance o menor peso de estrutura, máxima capacidade de carga útil e naturalmente flutue em equilíbrio. A situação ideal dessas variáveis é alcançada de forma interativa entre a capacidade de carga desejada e as dimensões da estrutura necessária minimizada para reduzir o peso (DNV, 1977).

A alteração, na espiral regular de Arquimedes, é feita para traduzir a interatividade dos cálculos, melhorando a cada ciclo (interação) a relação peso com carga útil e

flutuação. Feito um número de relações existe, então, ocorre uma convergência das variáveis. A Figura 3 mostra que o passo da espiral é reduzido a cada ciclo, tendendo a zero. O passo zero significa a circunferência, ou seja, conceitualmente o ponto sobre a reta não se desloca passando sempre sobre a mesma linha traçando a circunferência (EVANS, 1959). Os ciclos posteriores permanecem sobre o mesmo círculo, representando a melhoria da relação das grandezas projetadas, obtendo a situação ideal. As atividades de projeto são representadas sobre as radiais da espiral. O número de radiais é definido pelo número de atividades distintas de projeto. A execução ou não da atividade em cada ciclo é definida pelo símbolo gráfico da intersecção (Fig. 3). A cada ciclo, os resultados da mesma atividade reduzem a diferença com o ciclo anterior até ser igual a zero. Como exemplo, o cálculo de uma embarcação flutuante que se queira projetar para uma determinada capacidade de carga. Inicia-se com uma concepção de estrutura da embarcação, cujo volume submerso causa um empuxo, denominado empuxo de Arquimedes, que possa equilibrar o peso da embarcação. O próximo ciclo de cálculo otimiza a estrutura da embarcação. Isto é, reduz o peso de tal forma que precise menos volume submerso (calado) para manter a embarcação equilibrada, permitindo crescer carga para a utilização da embarcação. Dessa forma, fazem-se ciclos sucessivos dessa interação até que a diferença seja a carga desejada para transporte. Os elementos estruturais otimizados devem resistir aos esforços a que estão submetidos. Os esforços são resultantes da ação do peso próprio da estrutura, cargas permanentes, capacidade de carga de transporte e o empuxo da água. O empuxo é diferente na água salgada (oceano) e na água doce (rios). A diferença entre os empuxos leva a projetos distintos para navegação no mar ou em rios.

A materialização da evolução do projeto na espiral é associada à diminuição no passo da espiral a cada ciclo (Fig. 3). A interpretação é que em cada ciclo se reduz a extensão das alterações. A situação ideal seria quando o último ciclo tivesse passo nulo, ou seja, seria um círculo. Após alcançar a situação ideal de projeto, os novos ciclos não trariam nenhuma melhoria teriam sempre os mesmos resultados.

Figura 3 – Espiral de Projeto Naval (EVANS, 1959 e DNV, 1977).



Fonte: O autor

A espiral de projeto é adaptada para o Método da Espiral de Ensino para Disciplina de Concreto Protendido que está descrita no próximo item.

### 3 O PROCEDIMENTO PARA USO DO MÉTODO

#### 3.1 PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O procedimento valoriza o processo de ensinagem das disciplinas profissionalizantes no curso superior de engenharia. Por sua vez, o processo de ensinagem fundamenta-se no planejamento adequado do conteúdo, metodologia de apresentação, partilhamento e avaliação, contemplando a melhoria contínua para retroalimentação do planejamento. Permite a inserção da interdisciplinaridade e multidisciplinaridade.

O procedimento inicia pelas definições da sequência didática, o conteúdo, o método e as avaliações. O conteúdo é colocado nas radiais da Espiral de Ensino (Fig. 4). Incluir no conteúdo, em qualquer que seja a disciplina, a avaliação do impacto tecnológico (CARLETTO, 2011). Uma vez definido o conteúdo faz-se o planejamento

(BEHRENS, 2006). É estabelecido o processo de ensino, contemplando o conteúdo e a metodologia de apresentação para buscar a aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000). A metodologia de apresentação do conteúdo pode prever a inclusão de objetos de aprendizagem, tais como a utilização de softwares com animações (FREITAS; SANTOS; KIECKOW, 2013). Definir o método de avaliação do aprendizado do conteúdo. Estabelecer o número de ciclos, considerando uma avaliação no final de cada ciclo, recomenda-se para o semestre pelo menos duas avaliações. Ao final de cada ciclo são feitas as identificações das causas das não conformidades para estabelecer correções no planejamento para o próximo ciclo.

O método de planejamento da sequência didática é baseado nas diretrizes do livro “Paradigma da Complexidade” de M. A. BEHRENS (2006). Essa obra apresenta dez etapas de planejamento que estão descritas no Quadro 1. A mesma referência permite a utilização de métodos próprios, o fundamental é a valorização do planejamento no processo de ensino e aprendizagem. O Quadro 1 tem na sua primeira coluna, a numeração das diretrizes apresentadas no livro de M. A. BEHRENS (2006). Na segunda coluna consta a atividade definida para cada uma das diretrizes recomendadas. Já a terceira coluna, a descrição, apresenta como a atividade é desenvolvida (método). A quarta coluna indica as fontes de origem do método e, a última, define o responsável pela atividade, podendo ser o aluno ou o professor. É adotada, também, a melhoria contínua conforme preconiza a Fundação Nacional da Qualidade (2011).

Quadro 1 - Procedimento para Planejamento da Sequencia Didática

	ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	FONTES	RESP
1	DEFINIÇÃO DO CONTEÚDO E MÉTODO DE APRESENTAÇÃO	O conteúdo é definido com base na ementa. Deve contemplar aspectos teóricos, aplicativos, individuais e discussórios das soluções. É colocado nos raios da espiral de Ensino Figura 4, detalhado no Quadro 2, onde deve constar a metodologia.	Bibliografia Publicações.	Prof.
2	NÚMERO DE CICLOS E APROFUNDAMENTO DE CADA CICLO	Usando a espiral de Arquimedes com ciclos evolutivos (Fig. 3), determinar o nível de aprofundamento em cada ciclo. O número de ciclos depende do nível de conhecimento dos alunos.	Formação prévia dos alunos.	Prof.
3	AULAS EXPOSITIVAS	Exposição teórica do conteúdo com indicação de aplicação.	Formação do professor	Prof.

4	AMPLIAR A FORMAÇÃO DA AULA: PESQUISA	Solicitação de tarefas individuais para serem realizadas com base em buscas bibliográficas.	Bibliografia e publicações	Aluno
5	AVALIAÇÃO DO CICLO	Formação de grupos de 3 a 5 alunos de uma forma aleatória, atentando para não formar grupos homogêneos. Utilização de mapas conceituais (Moreira,2010) para avaliar o conhecimento e fluxogramas para entendimento do processo tecnológico. Permitindo o partilhamento do conhecimento (NÓVOA, 2004) e a agregação de valor na interação.	Conhecimento do Aluno	Aluno
6	IDENTIFICAÇÃO DOS PFs E OMs	O material produzido pelos grupos é avaliado coletivamente para identificar os Pontos Fortes (PF) do aprendizado e as Oportunidades para Melhoria OMs (deficiências) (FNQ 2011).	MEG, Modelo de Excelência da Gestão (FNQ,2011)	Aluno/ Prof.
7	BUSCA DAS CAUSAS DAS OMs	Usando um método baseado no gráfico de ISHIKAWA (1983) são determinadas as causas prováveis para as Oportunidades para Melhoria (FNQ, 2011).	Não Conformidades	Aluno/ Prof.
8	AÇÕES CORRETIVAS E PREVENTIVAS	Identificadas as causas em comum acordo são estabelecidas as ações corretivas do que foi apresentado. A busca das causas pode identificar ações de melhoria sem ter OM, são preventivas.	Causa da NCs	Aluno/ Prof.
9	IMPLEMENTAR AS ACs NOS PRÓXIMOS CICLOS	As ações são implementadas na correção dos conteúdos apresentados na espiral de Arquimedes para os próximos ciclos. A verificação da eficácia das ações é monitorada na avaliação do próximo ciclo.		Aluno/ Prof.
10	RETORNO AO ITEM 1	Repete-se a sequência dos itens 1 a 9		Prof.

Fonte: Autor

As atividades de análise estrutural, dimensionamento e verificação da fluabilidade que compõem o processo de projeto de um navio são substituídas na espiral pelos conteúdos a serem ministrados na disciplina. A espiral de projeto transforma-se na Espiral de Ensino, parte do objeto deste trabalho. Os resultados que se referem ao aprendizado significativo dos alunos são analisados nas avaliações previstas em cada ciclo da espiral (Fig. 4) detalhado no Quadro 2. A ferramenta usada para a avaliação da assimilação dos conceitos (AUSUBEL, 2000) é o método dos mapas conceituais (MOREIRA, 2010), ao final de cada ciclo da espiral. O sistema gráfico do fluxograma é utilizado para o entendimento da sequência de atividades, ou seja, o

processo tecnológico para dimensionamento, como por exemplo, uma viga de concreto protendido. É previsto na atividade “avaliação” identificar as não conformidades no aprendizado as lacunas de aprendizado nos conceitos e no processo pretendido. É importante que na identificação das lacunas tenha a participação dos alunos, haja um partilhamento mesmo no que não foi assimilado (NÓVOA, 2002). As avaliações do segundo e terceiro ciclos devem incluir a verificação da eficácia das ações corretivas dos ciclos anteriores. É buscada a causa das não conformidades identificadas (lacunas) pelos alunos e professores. A busca da causa pode ser pelo diagrama de causa e efeito (ISHIKAWA, 1983). As causas conhecidas transformam-se em oportunidades de melhorias para o planejamento do próximo ciclo do conteúdo, conforme apresentado no Quadro 2. As melhorias são introduzidas no planejamento do ciclo que segue ou no planejamento do próximo semestre de apresentação da disciplina (FREITAS; SANTOS; KIECKOW, 2013) . A avaliação de aprendizado a critério do professor não substitui as avaliações individuais do desempenho, provas. As avaliações de desempenho individuais são recomendadas para que sejam feitas por meio de aplicações em situação real com consulta.

A profundidade do conteúdo em cada ciclo e o método podem ser representados analogamente à espiral de projeto naval. O recomendado é usar uma espiral de três ciclos quando a disciplina é de um semestre (Fig. 4) detalhado no Quadro 2. A existência de um segundo semestre em continuidade pode reduzir a espiral para dois ciclos. O número de ciclos para ser oferecido, isto é, número de vezes para abordar o tema de um determinado item, depende fundamentalmente do conhecimento existente pelos alunos para a existência do aprendizado significativo (AUSUBEL, 2000). O professor (facilitador) deve ter a sensibilidade do nível de aprendizado dos alunos para que o conhecimento possa ser construído.

### 3.2. AVALIAÇÃO DO PRIMEIRO CICLO

A avaliação prevista ao final do primeiro ciclo amplia o entendimento do professor sobre a base do conhecimento dos alunos, particularizando para grupos ou para indivíduos, conforme a sua escolha na avaliação do aprendizado (item 5 da Quadro 1). O resultado das avaliações pode levar à ações corretivas, alterações no método ou nos temas a serem abordados no próximo ciclo .

A analogia da espiral de projeto naval com a Espiral de Ensino proposta é a utilização do princípio da melhoria contínua (DEMING, 1990), considerando a evolução das técnicas de ensino e como meta de resultado, o aprendizado significativo. A Figura 3 mostra a Espiral de Ensino da disciplina de concreto protendido. Ela é traçada em três ciclos, simbolizando a linha do tempo, onde o início é o centro. Os eixos radiais descrevem os conteúdos da disciplina. A intersecção do eixo radial com a linha da espiral em cada é destacada por um pequeno círculo (ponto) quando a atividade é desenvolvida naquele ciclo. A inexistência do ponto significa que, naquele, a atividade não é desenvolvida. O detalhamento das atividades está no Quadro 2.

Figura 4 – Espiral de Ensino da disciplina de Concreto Protendido.



O Quadro 2 apresenta as atividades (conteúdos) e como são desenvolvidas em cada ciclo. A primeira coluna, denominada item, é o título do conteúdo previsto na espiral. A segunda coluna apresenta a profundidade do conteúdo e a metodologia de apresentação no primeiro ciclo. A terceira coluna detalha como o desenvolvimento do conteúdo é feito no segundo ciclo. A quarta coluna detalha as atividades do terceiro



ciclo. A célula em branco de qualquer uma das três colunas significa que a atividade não é abordada no ciclo.

A cada ciclo de avaliação (espiral), as oportunidades de melhoria aumentam as possibilidades de alcançar o sucesso no aprendizado, as metas de ensino. A diferença entre a metodologia do projeto naval com o Método da Espiral de Ensino é que a situação ideal não vai ser alcançada em acordo com o princípio da melhoria contínua (DEMING, 1983) e do desenvolvimento de aprendizado significativo (AUSUBEL, 2000).

### 3.3 APLICAÇÃO NA DISCIPLINA DE CONCRETO PROTENDIDO

#### 3.3.1 O Cenário

A escolha foi feita entre as disciplinas profissionalizantes da engenharia civil que apresentassem um elevado grau de dificuldades de aprendizagem por parte dos alunos. A disciplina escolhida para a aplicação foi a de Concreto Protendido, descrita na seção anterior. É ministrada no nono semestre da engenharia civil da URI-Santo Ângelo (URI, 2012). Vale ressaltar que a particularidade dessa disciplina está em estudar uma tecnologia de projeto e execução que traz benefícios à engenharia regional. Um egresso de engenharia civil que se dedique à especialidade de concreto protendido tem um diferencial competitivo de conhecimento. Apesar desse potencial, apenas alguns alunos se dedicaram nessa área de conhecimento. Todos os que se aderiram estão em grandes centros de desenvolvimento. Embora seja uma oportunidade profissional local, nenhum dos egressos permaneceu na região, atuando em concreto protendido. A presença de um curso de engenharia civil na região funciona como um agente de desenvolvimento tecnológico. Os cursos de engenharia da URI-Santo Ângelo, vem, igualmente, exercendo ações como um agente de desenvolvimento em técnicas de projeto e execução. No entanto, não obteve sucesso no segmento de concreto protendido. Busca-se a identificação das causas, uma provável está na não aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000) da disciplina específica. O Método da Espiral de Ensino procura contribuir com a lacuna de aprendizagem manifesta no desempenho dos alunos.

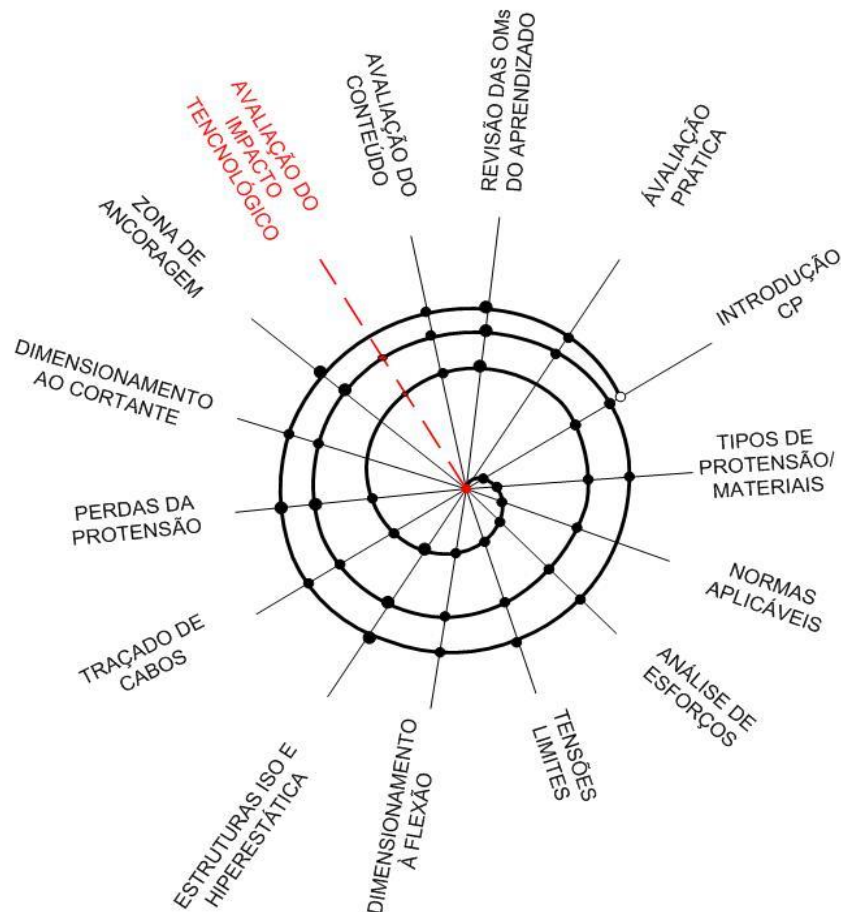
A primeira aplicação ocorreu numa turma composta por vinte acadêmicos. Os registros do indicador é o desempenho. O resultado motivou a nova aplicação na turma do ano

seguinte (2012) com 35 estudantes. Nesta foram feitos registros com a metodologia que está sendo apresentada neste trabalho.

### 3.3.2 A Preparação da Espiral de Ensino

A aplicação inicia com a elaboração do planejamento (Quadro1) e segue com a definição do conteúdo já apresentada na Figura 4. O passo seguinte é distribuir o conteúdo nas radiais da Espiral de Ensino (Fig. 5). A distribuição do conteúdo é em três ciclos, observando que em cada ciclo é apresentada o conteúdo cuja intersecção da radial do conteúdo com a espiral tenha um ponto cheio. A inexistência desse ponto implica em não apresentar o conteúdo no ciclo.

Figura 5 - Espiral de Ensino para a disciplina de Concreto Protendido em 2012.



Fonte: Autor

A seguir é feito o detalhamento do conteúdo e previsão da forma como é apresentado o conteúdo da Espiral. O desdobramento está no Quadro 2, contemplando

nas colunas o mesmo número de ciclos da espiral. É sobre o conteúdo do Quadro 2 que são feitas as ações corretivas, impactando na espiral, no caso de alteração de sequência ou oferecimento do conteúdo no ciclo.

Quadro 2 - Método para as aulas de concreto protendido 2012.

ITEM	1º CICLO DA ESPIRAL	2º CICLO DA ESPIRAL
INTRODUÇÃO	Visão geral do CP, processo executivo, força e perdas	Técnicas da pré e pós-tensão. Critérios de Projeto
MATERIAIS	Aço e concreto para CP	Equipamentos e acessórios
DEFINIÇÃO TIPOS DE PROTENSÃO	Princípios da pré e pós-tensão	Elementos pré-moldados em CP
NORMAS APLICÁVEIS	Apresentação das Normas ABNT pertinentes	Critérios de Projeto
TENSÕES LIMITES	Valores definidos Pelas normas	Critérios de Projeto
DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO	Dim. seção, força e excentricidade	Dim. seção, força e excentricidade
ESTRUTURAS ISO E HIPERESTÁTICAS	Esforços de Flexão em vigas isostáticas.	Esforços de Flexão em vigas isostáticas.
TRAÇADO DE CABOS	Cabo resultante	Cabo resultante
PERDAS DA PROTENSÃO	Imediatas para o cabo resultante	Imediatas e deferidas cabo resultante
ESFORÇO CORTANTE		Dimensionamento com cabos curvos
ZONA DE ANCORAGEM		Noção de distribuição de placas ativas.
AVALIAÇÃO DO IMPACTO TECNOLÓGICO	Noções de sustentabilidade e impacto tecnológico.	Avaliação do impacto tecnológico consequentes do processo de protensão.
AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO	Lacunas: percepção do método e funcionamento do CP; linguagem do professor. Ações corretivas: Objeto de aprendizagem; Compartilhamento.	Fluxogramas ou mapas conceituais feitos em sala, com acompanhamento, (grupos 4 à 5)
REVISÃO DAS OMs DO APRENDIZADO	Identificação com a turma das lacunas de aprendizado, reforço e revisão do próximo ciclo	Resultados: Fig. 9 e Fig. 10 Ações corretivas eficazes.
AVALIAÇÃO PRÁTICA (PROVA)		Avaliação individual e análise das lacunas de aprendizado para correção no próximo semestre.

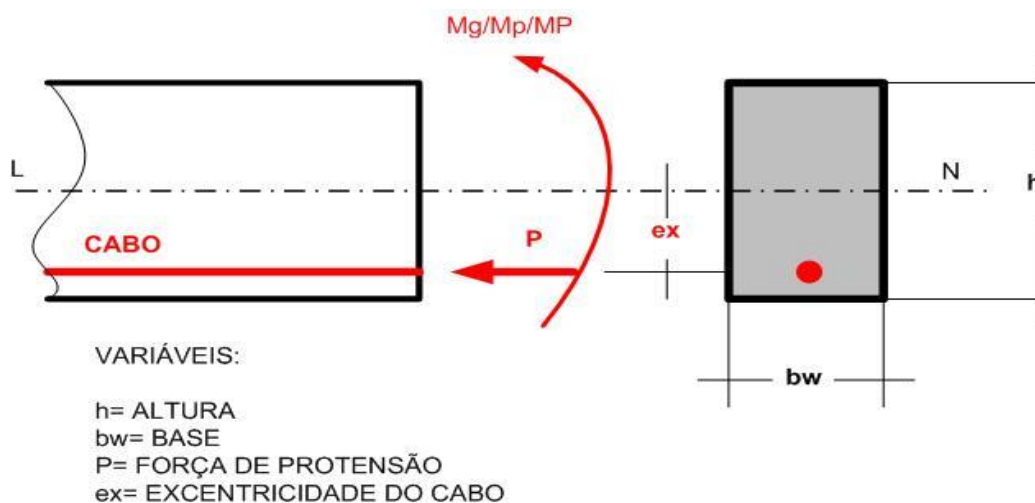
Fonte: autor

### 3.3.3 A Execução

A disciplina foi apresentada em um semestre, sendo permitida a realização dos dois ciclos da espiral planejada (Fig. 5). Foram feitas duas avaliações. A avaliação do primeiro ciclo foi na última aula de abril de 2012. As oportunidades de melhorias principais identificadas foram a dificuldade da percepção da relação entre as três variáveis de dimensionamento e entendimento da linguagem de projeto usada pelo professor. A causa identificada é o método de apresentação das relações entre as variáveis. A ação corretiva foi a elaboração de um objeto de aprendizagem, programado no *software* Autocad 2012 (Fig. 6), associando as fórmulas analíticas com a saída gráfica da seção transversal de uma viga protendida. O objeto permite ao aluno visualizar graficamente as consequências interativas das alterações na da força, traçado do cabo e características geométricas. A outra oportunidade de melhoria de destaque foi o entendimento da linguagem técnica de projeto usada pelo professor. A ação corretiva foi a intensificação de trabalhos em grupos para partilhamento da informação (NOVOA, 2004) em linguagens compatíveis com as bases dos alunos, facilitando a transformação das informações em conhecimento (AUSUBEL,2000).

A avaliação do segundo ciclo apresentou oportunidades de melhorias que foram utilizadas na turma seguinte. O destaque ocorreu na eficácia das ações corretivas implementadas. Os resultados da avaliação do primeiro ciclo se refletem na aprendizagem e no desempenho dos alunos apresentados na próxima seção.

Figura 6 –Objeto de aprendizagem: Visualização gráfica das fórmulas analíticas



### 3.4 RESULTADOS E ANÁLISES

As Figuras 7 e 8 representam a segunda avaliação da aprendizagem, após as correções feitas para o primeiro ciclo. O trabalho foca nos registros da avaliação do segundo ciclo que ocorre na segunda quinzena de junho, próximo ao final do semestre. Os trinta e cinco alunos são separados aleatoriamente em sete grupos de cinco alunos. A orientação é constituir grupos com quatro ou cinco alunos. O evento ocorre durante a aula e o professor apoia aos alunos em esclarecimentos sobre o conteúdo e a técnica. Os grupos apresentados são arbitrariamente denominados em A e B e são escolhidos sem critérios. Os nomes dos alunos participantes dos grupos estão nos registros das informações para este trabalho. A pergunta aos grupos é para representarem em mapas conceituais ou fluxograma o processo para dimensionamento de uma ponte.

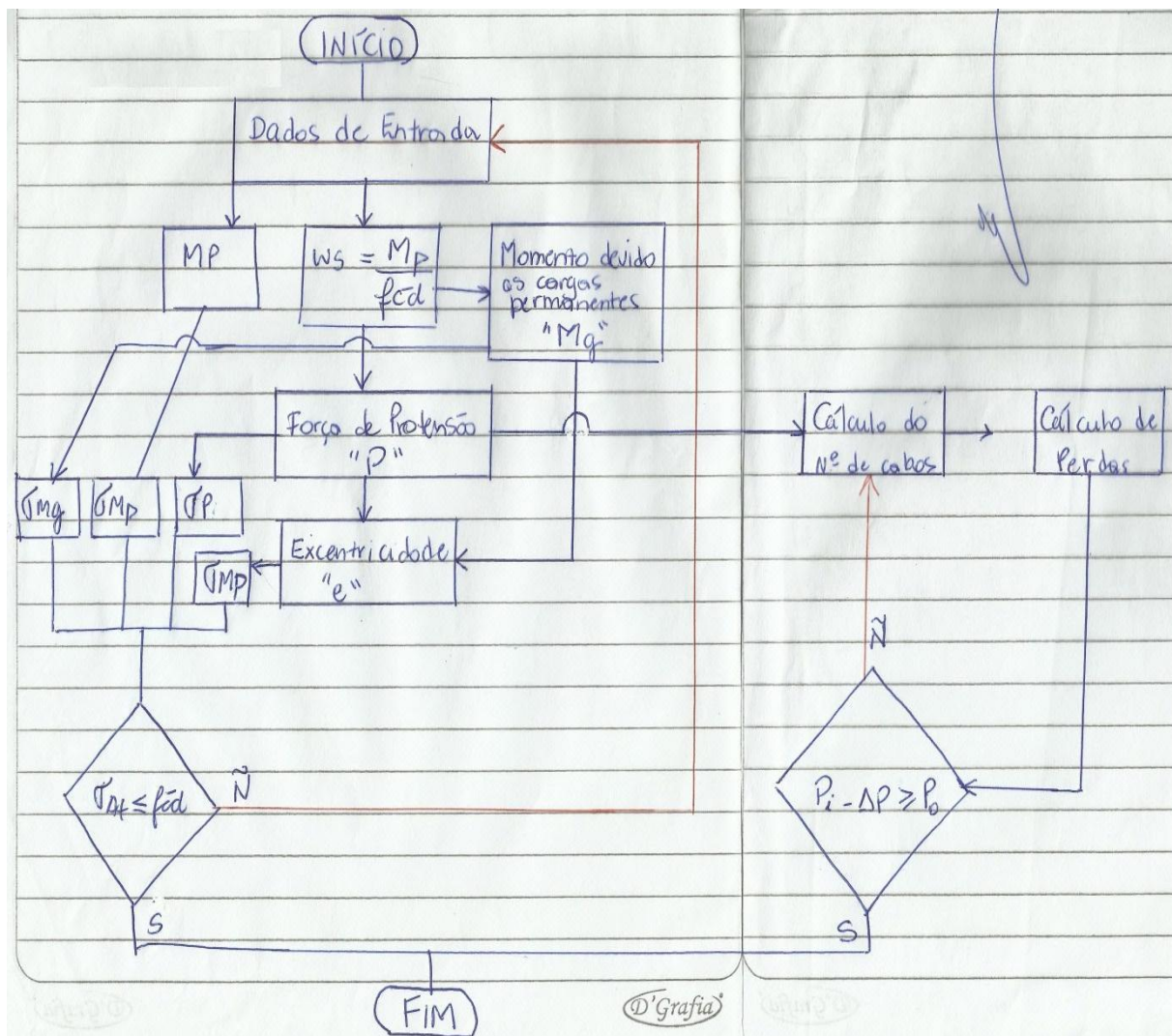
A estrutura colocada são lajes apoiadas em vigas de protendido isostáticas. Os alunos encontraram mais facilidade em representar por meio do fluxograma convencional por se tratar de um processo. Os mapas conceituais (MOREIRA, 2010) são reservados para os conceitos e suas inter-relações.

O grupo A na Figura 7, evidencia um entendimento claro dos conceitos e das atividades do processo de uma forma significativa. Existe uma simplificação no entendimento, fortalecendo a fixação do aprendizado cognitivo a partir de suas bases, subsunçores (AUSUBEL, 2000). Os símbolos das figuras foram apresentados pelos alunos por serem baseados nas normas técnicas e de uso comum. Os retângulos são utilizados para descrever uma atividade, os maiores, os menores apresentam a formulação do fenômeno. Os losangos indicam a necessidade de uma tomada de decisão em função do resultado de uma condição. Essa decisão implica em caminhos distintos do processo para se chegar a solução desejada. São também utilizados conectores. Os conectores dispõem de um número em seu interior que faz a conexão.





Figura 8 - Fluxograma para o dimensionamento da seção crítica - Grupo B junho/2012.



Fonte: Autor

A segunda avaliação prática, feita por prova individual escrita, mostrou a melhoria identificada também nas avaliações do aprendizado em grupo. A Tabela 1 mostra a média geral das turmas dos últimos 10 anos, com base nas informações da Secretaria Geral da URI- Santo Ângelo. Como é uma disciplina de último ano, o número de alunos crescente nos dois últimos anos demonstra o cenário atual da engenharia. É possível constatar que as melhores médias das turmas são em 2011 (8,6) e 2012 (8.0) anos de aplicação do método. O menor percentual de alunos em exame são também os anos de aplicação da metodologia. Em 2011 nenhum aluno fez exame e em 2012 apenas dois. É importante observar que a turma objeto (2012) teve trinta e cinco alunos o que dificulta ainda mais a intenção de estratégia de ensino para a aprendizagem significativa. A dificuldade de entender as bases de formação de cada aluno que naturalmente tem

origens e formação diversas. A turma de 2008, por exemplo, pode ser considerada fora da amostragem por ter um número muito pequeno de alunos apenas sete. Esse número de alunos permite ao professor individualizar o ensino uma vez que é possível perceber a formação de cada aluno. A formação do grupo de forma aleatória permite o compartilhamento de informações (NÓVOA, 2004) em meio a discussões desinibidas e consequente construção do novo conhecimento (AUSUBEL, 2000).

Tabela 1 - Médias de 2003 a 2012 em Concreto Protendido (URI-Santo Ângelo)

Ano	Nº de alunos	Alunos em Exame %	Média geral	OBSERVAÇÕES
2003	13	31	7,1	
2004	8	30	7,0	
2005	9	44	7,1	
2006	9	0	7,6	
2007	16	44	6,6	
2008	7	0	8,0	TURMA PEQUENA
2009	20	35	7,5	
2010	16	56	6,9	
2011	20	0	8,6	1ª aplicação
2012	35	3,7	8,0	

Fonte: Autor

#### 4 Aspectos relevantes

O Método da Espiral de Ensino proposto é um processo de planejamento de disciplinas profissionalizantes que inclui a avaliação para retroalimentação e alteração do planejado, aplicando o princípio da melhoria contínua (DEMING, 1983).

A avaliação do aprendizado, prevista no Método, fornece subsídios para o professor redirecionar seu planejamento do conteúdo e metodologia de ensino na busca da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1990). A aplicação da avaliação nas turmas 2012 e 2013 da engenharia civil da URI-Santo Ângelo (FREITAS; SANTOS; KIECKOW, 2013), evidenciou que a atividade de avaliação por meio de grupos é uma ferramenta para o aprendizado. Os Grupos formados para a avaliação (Quadro, 4) partilham informações (NÓVOA, 2004) ao montarem os mapas conceituais ou fluxogramas.



Discutem conceitos e formulações, usando linguagem coloquial do meio fundamentados em seus conhecimentos, seus subsunçores (AUSUBEL, 2000). O compartilhamento leva a um nivelamento de informações e assimilação do grupo que dificilmente a aula expositiva do professor alcançaria. A participação na busca das causas das lacunas de aprendizagem (Quadro 4) motiva, entusiasma o acadêmico para o seu aprendizado.

A técnica dos mapas conceituais (MOREIRA, 2010) é uma ferramenta robusta para a eficácia da avaliação, fornecendo subsídios para a busca das causas das dificuldades de aprendizado significativo dos alunos e consequentes ações corretivas no processo de ensino.

A avaliação conforme foi feita permite ir além das ações corretivas consequentes das causas das não conformidades (FNQ, 2001). A avaliação permite inovações de ruptura como é o caso da inserção no conteúdo da AIT-Avaliação do Impacto Tecnológico causado pelo processo de execução do concreto protendido.

Os resultados (Tab. 1) da aplicação mostraram a melhoria no aprendizado nas turmas que foram aplicado o método em relação aos oito anos anteriores. A capacidade de relacionar os conceitos ao elaborarem os mapas conceituais indica que a turma está se desenvolvendo no sentido do aprendizado significativo.

As disciplinas profissionalizantes de engenharia, em especial Concreto Protendido, requerem o desenvolvimento de métodos de ensino que possibilitem o aprendizado significativo dos estudantes dos últimos semestres.

Os princípios da espiral de projeto naval, manifestando-se na melhoria contínua do produto (FNQ, 2011), em função do número de ciclos do processo de projeto, podem ser aplicados ao processo de ensino, transformando-se na Espiral de Ensino. O Método da Espiral de Ensino aplica os mesmos princípios do projeto naval, sendo aplicados no planejamento de ensino, contemplando o conteúdo, a metodologia e a avaliação.

Indubitavelmente, os resultados da primeira aplicação indicam que o processo é um caminho no sentido de melhoria do ensino que busca o aprendizado significativo.

## REFERENCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições técnicas, 2000.

BEHRENS, M. A. **Paradigma da complexidade:** metodologia de projetos, contratos didáticos e portfólios. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006.

CARLETTO, M. R. **Avaliação de Impacto Tecnológico: Reflexões, Fundamentos e Práticas**. Curitiba: Ed. UTFPR, 2011.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução na administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

EVANS, J. H., "Basic Design Concepts", **Journal of the American Society of Naval Engineers**, v. 71, n. 4 (Nov.), pp. 671-678, 1959

EVES, Howard. **Introdução à história da matemática**. Campinas, SP: UNICAMP, 2011.

FREITAS, D. B.; SANTOS, A. V.; KIECKOW, F. **O Ensino e a Avaliação do Aprendizado: uma aplicação do Método da Espiral de Ensino**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41, 2013, Gramado. Anais ... Gramado: UFRGS.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE-FNQ. **Critérios de Excelência: MEG 19**. Ed. São Paulo: Fundação Nacional da Qualidade, 2011.

GOWIN, D.B. **Educating**. Ithaca, NY, Cornell University Press. 1981.

ISHIKAWA K. **Controle da qualidade total**. Rio de Janeiro: Campos, 1993.

Moreira, M.A., Caballero, M.C. e Rodríguez, M.L. (orgs.). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. 1997. pp. 19-44.

MOREIRA, Marco A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

NOVAK, J.D. (1991). **Clarify with concept maps**. The Science Teacher, 58(7):45-49.

NÓVOA, António. **Currículo e Docência: a pessoa, a partilha, a prudência** In: MAZALLA, Wilson Jr (Dir. G.). Vários autores: Campinas, 2004. Capítulo 1.

UFRJ-**Distribuição curricular da engenharia civil ênfase em estruturas**, 2010. Disponível em: [https://www.siga.ufrj.br/sira/temas/zire/frameConsultas.jsp?mainPage=/repositorio-curriculo/3918521\\_D-92A4-F79B-1A27-5A2E50ABC9B3.html](https://www.siga.ufrj.br/sira/temas/zire/frameConsultas.jsp?mainPage=/repositorio-curriculo/3918521_D-92A4-F79B-1A27-5A2E50ABC9B3.html). Acesso em 10 out 2013.

URI. Pró Reitoria de Graduação. **Curso de Engenharia Civil**. Santo Ângelo, 2012.