

O ENSINO E A AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO DA ESPIRAL DE ENSINO

Denizard B. de Freitas, denizardf@urisan.tche.br

Antonio V. dos Santos, vandao@urisan.tche.br

Flávio Kieckow, fkieckow@urisan.tche.br

Universidade Regional Integrada-Campus Santo Ângelo, DCCE

Rua Universidade das Missões 464

98.802-470 Santo Ângelo-RS

RESUMO: *O cenário atual de desenvolvimento da engenharia no Brasil apresenta um crescente número de cursos e alunos, resultante da demanda de engenheiros. Fato que fortalece a necessidade de melhoria no ensino e aprendizagem. Nesse sentido é apresentada a aplicação do método da Espiral de Ensino na disciplina de Concreto Protendido do Curso de Engenharia Civil da URI-Santo Ângelo. Desenvolvido na Uri o método planeja o conteúdo, a forma para apresentação da disciplina, avalia a aprendizagem e permite corrigir lacunas de conteúdos não assimilados pelos alunos. O método é baseado na teoria cognitiva para a aprendizagem significativa, mapas conceituais e associa a experiência de ensino com a prática de projetos navais. A elaboração do conteúdo é formulada usando a Espiral de Arquimedes modificada, transformando na Espiral de Ensino, análogo o feito nos projetos navais. Esta adaptação contempla três ciclos da espiral. Ao final de cada ciclo é avaliado o aprendizado em grupos. As oportunidades de melhorias e suas ações corretivas são determinadas e aplicadas nos ciclos seguintes da espiral. O método foi desenvolvido e aplicado na URI em 2011 e 2012. O indicador foi o desempenho acadêmico, comparando-o nos últimos dez anos. O desempenho nos dois anos de aplicação do método são superiores à avaliação dos anteriores. As conclusões do desenvolvimento do método são coerentes com a fundamentação do aprendizado significativo. O método da Espiral de Ensino favorece o aprendizado significativo. O partilhamento em grupo de informações, durante as avaliações, contribui com a construção do conhecimento.*

Palavras-chave: *Ensino de engenharia, Espiral de Ensino, Aprendizado significativo.*

1 INTRODUÇÃO

O ensino de engenharia no país está em franco desenvolvimento, sendo uma das motivações a elevada demanda de profissionais do mercado. Ações como a reunião realizada na CAPES em abril de 2013 para defender a criação do Mestrado Profissional em Ensino de Engenharia e Tecnologia, visam a formação de profissionais melhores preparados para transferência de conhecimento aos alunos de graduação dos cursos de engenharia do país.

As disciplinas profissionalizantes de engenharia civil transferem os conhecimentos essenciais para o desempenho do futuro profissional. A aprendizagem do aluno, portanto, deve se enquadrar no conceito de aprendizagem significativa de Ausebel (2000). Os métodos de ensino devem buscar técnicas para obter a aprendizagem significativa. A maioria dos professores destas disciplinas tem a formação de engenheiros, especializados no conteúdo específico, havendo lacunas na formação de ensino, em especial deficiências de ensino voltado para a aprendizagem significativa. O ensino de engenharia deve estimular o aluno a desenvolver

uma atitude de aprender. O constante desafio da profissão de engenheiro impõe que o profissional leve a postura de aprender a aprender para a sua prática. A vivência na sala de aula, na atividade de projeto de estruturas, em especial “offshore”, o contato com os fundamentos do ensino de ciência e tecnologia levou ao desenvolvimento de métodos de ensino e a avaliação do conhecimento. Uma técnica é a Espiral de Ensino, utilizada para o planejamento e melhoria contínua (DEMING, 1980) do ensino e da aprendizagem. A base é a espiral de projeto (Evans, 1959) consolidada nos projetos navais preconizado pelas normas Norueguesas (DNV, 1990), mapas conceituais (MOREIRA, 2010) associados a fluxogramas para a avaliação e retroalimentação do processo de melhoria contínua.

Este trabalho utiliza o método desenvolvido na URI similar ao usado em outras áreas do conhecimento, onde ainda restam algumas questões de interesse, sendo esta a motivação científica que leva a efetuar esta pesquisa. O principal interesse é testar a eficácia do modelo, já que associa a espiral de ensino com mapas conceituais, buscando a aprendizagem significativa. A aplicação tem como modelo a disciplina de Concreto Protendido uma das mais difíceis do currículo da engenharia civil e uma aplicação de conceitos bastante ampla. A escolha é baseada no alto nível de complexidade tecnológica da disciplina (LACROIX, 1975), dificuldade de contextualização e problematização e por ser pouco utilizada nas obras regionais. Paradoxalmente é uma tecnologia que viria ao encontro das necessidades para solução de obras na região de abrangência da URI, essa lacuna pode ser resolvida pelo curso de Engenharia da URI. Nesse trabalho procura-se responder as questões abaixo de uma maneira científica e organizada, buscando resultados que esclareçam as questões:

- O planejamento é adequado e permite ser melhorado?
- O processo de avaliação do conhecimento permite a aprendizagem?
- O processo de avaliação fornece subsídios para a melhoria contínua do Plano de Ensino?

O trabalho de aplicação é desenvolvido apresentando o método, iniciando pela adaptação da espiral de Arquimedes (EVES, 2011) para Espiral de Ensino, seguindo pelo Processo que inclui a avaliação dos conceitos por mapas conceituais (MOREIRA, 2010). Na sequência é apresentada a disciplina, a aplicação na turma de 2012, a análise dos resultados e as considerações finais. O trabalho avalia o método da Espiral de Ensino em início de aplicação.

2 O MÉTODO

2.1 A Espiral de Ensino

A Espiral de Ensino é uma adaptação da espiral de Arquimedes (EVES, 2011), reduzindo o acréscimo do raio a cada ciclo da espiral. A redução tende a zero, em consequência os ciclos tendem a forma ideal do círculo (Figura 1). A espiral adaptada representa graficamente a ideia de melhoria contínua (DEMING, 2003). A tendência gráfica ao círculo representa a redução de necessidades de melhoria no processo de ensino com vistas à aprendizagem significativa. A seguir é detalhada a adaptação da espiral de Arquimedes em Espiral de Ensino, similar a naval.

A espiral de Arquimedes (EVES, 2011) é uma figura geométrica que se desenvolve a partir de um centro com ciclos cujo raio vai crescendo com passos (acrécimos no raio) constantes quando o ângulo de giro aumenta. Outra forma de entender é com base na cinemática, a sua construção é um eixo girando com uma velocidade constante e sobre ele um ponto se deslocando também com a velocidade constante.

Os projetistas navais utilizam a recomendação das normas da DNV (Det Norske Veritas, 1990) que preconiza a utilização da espiral de Arquimedes estilizada desenvolvida por Evans (1959) para definir os ciclos e análise de uma embarcação. A alteração é feita para traduzir a convergência das análises no sentido de obter a melhor relação entre peso, fluabilidade e capacidade de carga. A Figura 1 mostra que o passo da espiral é reduzido a cada ciclo até chegar a zero. O passo zero significa a circunferência, ou seja, o ponto sobre a reta não se desloca,

passando sempre sobre a mesma linha. Os ciclos permanecem sobre o mesmo traçado o que representa a melhoria da relação das grandezas projetadas, a situação ideal. A atividade de projeto é representada na intersecção da linha radial com a linha da espiral. A intersecção indica por meio da simbologia a execução, revisão ou não execução da atividade de projeto. A cada ciclo os resultados da mesma atividade reduzem a diferença com o ciclo anterior até ser igual a zero. Este princípio é adotado para a aprendizagem significativo (AUSEBEL, 2000).

Exemplificando, consideremos o cálculo de uma embarcação flutuante que queira se 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 aperfeiçoa a estrutura da embarcação reduzindo o peso de tal forma que precise menos volume submerso (calado) para manter a embarcação equilibrada e permita uma carga extra que a utilização da embarcação. Faz-se ciclos sucessivos desta interação até que a diferença seja a carga desejada para transporte. Os elementos estruturais otimizados devem resistir os 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 doce (rios). A diferença entre os empuxos leva a projetos distintos para navegação no mar ou em rios.

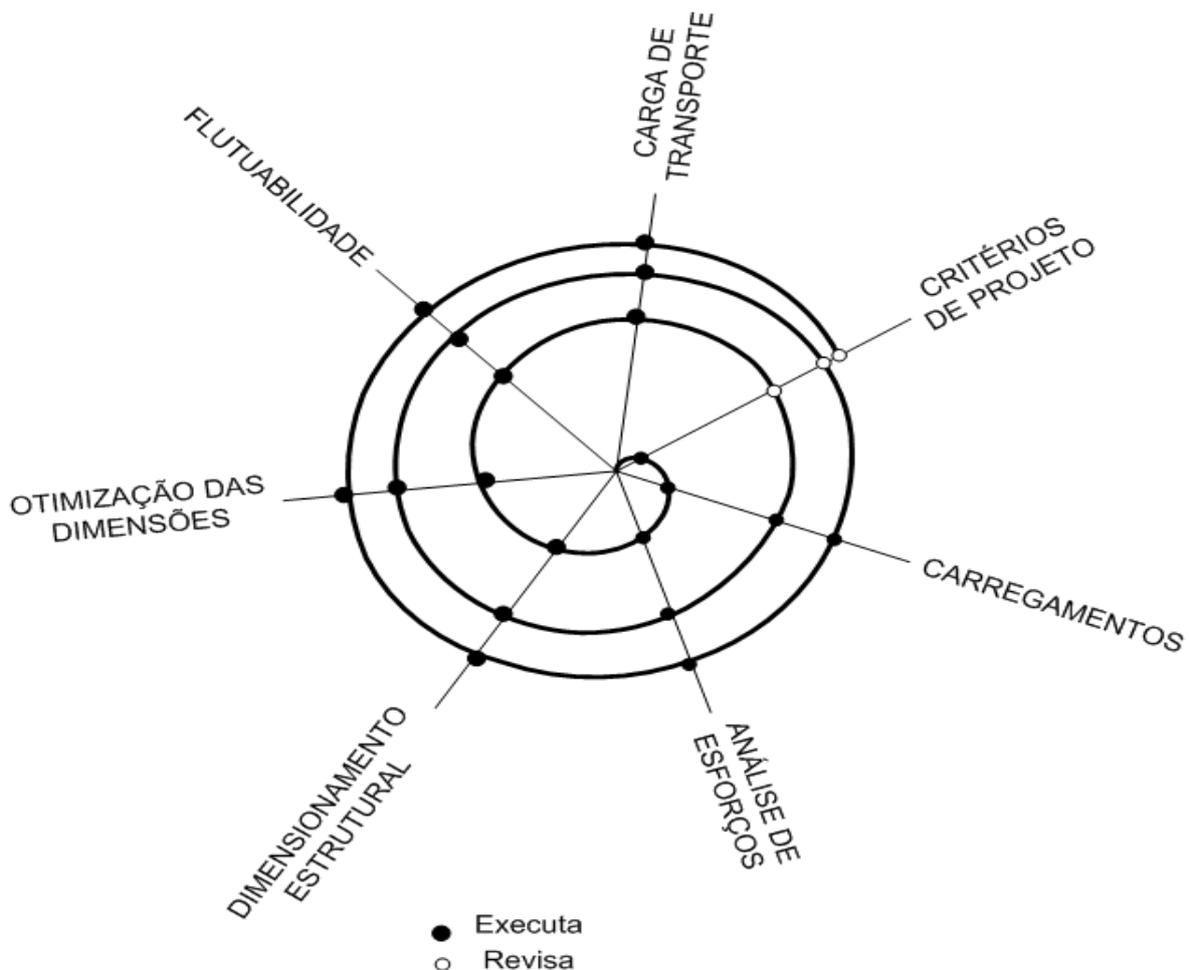


Figura 1 - Espiral de projeto naval (EVANS, 1959).

A materialização da evolução do projeto na espiral é associada à diminuição no passo da espiral a cada ciclo (Figura 1). 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. O método para cada desenvolvimento é detalhado em quadro similar ao da Tabela 2, na aplicação na disciplina de Concreto Protendido.

A Espiral de Ensino em analogia com a espiral de projeto (EVANS, 1959), tem o planejamento das atividades de ensino colocadas nas radiais da Figura 2. A atividade em cada ciclo é realizada em função da indicação na intersecção com a linha da espiral e detalhada em forma de tabela, Tabela 1. As atividades de cada ciclo são finalizadas com a avaliação da Figura 2 que fornece subsídios para o próximo ciclo. A seguir é detalhado este procedimento.

2.2 O Procedimento

Tabela 1 - Planejamento da disciplina de Concreto Protendido.

	ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	FONTES	RESP
1	DEFINIÇÃO DO CONTEÚDO	O conteúdo é definido com base na ementa. Contemplar aspectos teóricos, aplicativos, Individuais e discussórios das soluções. É colocado nos raios da Espiral de Ensino.	Bibliografia Publicações.	Prof.
2	NÍVEIS DE APRESENTAÇÃO E NÚMERO DE CICLOS	Usando a Espiral de Ensino da Figura 2 com ciclos evolutivos determinar o aprofundamento em cada ciclo. O número de ciclos depende do conhecimento dos alunos.	Nível de conhecimento dos alunos	Prof.
3	AULAS EXPOSITIVAS	Exposição teórica do conteúdo com indicação de aplicação.	Conhecimento	Prof.
4	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	Solicitação de tarefas individuais realizadas com base em buscas bibliográficas.	Bibliografia e publicações	Aluno
5	AVALIAÇÃO DO CICLO	Formação de grupos de 3 a 5 alunos escolhidos aleatoriamente, atentando para não formar grupos homogêneos. Utilização de mapas conceituais (Moreira,2008) para avaliar os conhecimento e fluxogramas para entendimento do processo tecnológico. Estimular o compartilhamento e a interação do conhecimento para construção do novo.	Conhecimento do Aluno	Aluno
6	IDENTIFICAÇÃO DOS PFs E OMs	O produzido pelos grupos é avaliado para identificar os Pontos Fortes (PF) do aprendizado e as Oportunidades para Melhoria OMs (FNQ 2011).	MEG, Modelo de Excelência da Gestão (FNQ)	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 OMs (FNQ, 2011).	Causa e efeito	Aluno/ Prof.
8	AÇÕES CORRETIVAS E PREVENTIVAS	Identificadas as causas em comum acordo se estabelece as ações corretivas do que foi apresentado. A busca das causas pode se identificar ações que podem ser melhoradas sem ter OM, são preventivas		Aluno/ Prof.
9	IMPLEMENTAR AS ACs REVISÃO DOS 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 são obtidas na avaliação do próximo ciclo.		Aluno/ Prof.
10	RETORNO AO ITEM 2	Repete-se a sequência dos itens 1 à 9		Prof.

O procedimento inicia pelo planejamento. As definições das atividades que fazem parte do plano de ensino e os métodos para definição da Espiral de Ensino. O procedimento define o processo de ensino para buscar a aprendizagem significativa (AUSEBEL, 2000).

O planejamento é baseado nas diretrizes do livro Paradigma da Complexidade (BEHRENS, 2008) que apresenta dez etapas que estão descritas na Tabela 1, considerando que a mesma referência também permite a utilização de métodos próprios.

A Tabela 1 é um exemplo aplicado à disciplina de Concreto Protendido que é o objeto deste trabalho, o conteúdo está na seção 3. A primeira coluna da Tabela 1-Planejamento, é a numeração das diretrizes apresentadas no livro de M. A. BEHRENS, 2008, a segunda coluna a atividade definida para cada uma das diretrizes recomendadas, a coluna 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 professor. É adotada também a melhoria contínua conforme preconiza a Fundação Nacional da Qualidade.

O próximo passo é a colocação das atividades na Espiral de Ensino. A cada atividade corresponde uma radial. A execução ou não desta atividade é simbolizado por um círculo cheio ou vazio conforme a simbologia apresentada na Figura 1. Após a espiral de ensino é feito o detalhamento dos itens do conteúdo para cada ciclo, conforme Tabela 2 na aplicação. As últimas atividades de cada ciclo são voltadas para melhoria do próximo ciclo, melhoria contínua. O método sugerido está na Tabela 1, nas atividades 7 à 9, aplicado para a disciplina de Concreto Protendido. Inicia com a avaliação dos conceitos adquiridos em grupos formados aleatoriamente, usando os mapas conceituais (MOREIRA, 2008). O motivo de formar grupos para a avaliação dos conceitos é a possibilitar o partilhamento de conhecimento (NOVOA, 2004), agregando conhecimento significativo de uma forma mais eficiente. A linguagem usada para explicar entre colegas pode ser eficaz por usarem os mesmos subsunçores (AUSUBEL, 2000). Subsunçores é termo usado David Ausubel para identificar a base do conhecimento que leva a construção do novo conhecimento de forma significativa. A avaliação de conhecimento em grupo é uma oportunidade de aprendizado significativo como resultado das interações para esclarecimentos mútuos. A construção de mapas conceituais pelo o grupo fortalece a discussão que é uma forma de construção de entendimento significativo do conteúdo. As disciplinas com processos de cálculo, como é o caso do concreto protendido, escolhida para aplicação, é recomendado a utilização de fluxogramas para avaliar o domínio do processo. A avaliação do conhecimento individual (prova) é posterior a avaliação de conceito porque este evento agrega conhecimento e melhora o desempenho dos alunos. As oportunidades de melhorias (não conformidades) encontradas podem ser analisadas no gráfico de causa/efeito (ISHIKAWA,1983) para identificação das causas. Uma vez identificadas as causas das não conformidades conceituais é feita a revisão do planejamento do próximo ciclo e ensino. O PDCL (“Plan, Do, Check e Learn”) é posto em andamento, princípio da melhoria contínua preconizado pela Fundação Nacional da Qualidade (1911).

A disciplina escolhida para a aplicação é Concreto Protendido ministrada no Curso de Engenharia Civil da URI-Campus Santo Ângelo que é descrita a seguir.

3 A DISCIPLINA DE CONCRETO PROTENDIDO

A disciplina de Concreto Protendido é oferecida no curso de engenharia civil da Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões Campus Santo Ângelo (URI-Santo Ângelo) no nono semestre. As universidades que oferecem esta disciplina na graduação em engenharia civil também o fazem nos nonos semestres, como é o caso da Universidade Federal do Rio de Janeiro, conforme a Distribuição Curricular 2010. O curso de Engenharia Civil da UFRJ é considerado um dos melhores do Brasil. A finalidade é preparar os futuros engenheiros para projetarem estruturas usando a tecnologia do concreto protendido. São também preparados para fazerem a gestão tecnológica da execução de obras projetadas com este recurso. A ementa básica da disciplina 38-212-Concreto Protendido é constituída por (segundo e ementário da URI, 2012):

- Introdução ao concreto protendido;
- Materiais;
- Definição e tipos de protensão;
- Normas aplicáveis ao concreto protendido, tensões limites;
- Dimensionamento à flexão (características geométricas da seção, força de protensão, excentricidade, traçado de cabos);
- Perdas da protensão imediatas e deferidas;
- Esforço cortante;
- Zona de ancoragem dos cabos tracionados;
- Processos de Protensão.

A metodologia para apresentar o conteúdo tem como base o método desenvolvido por Jacques Fauchart no livro “Initiation o Calcul des Structures en Béton et Acier” de 1975, também desenvolvido por R. Lacroix e A. Fuentes no livro “Le projet de béton précontraint” de 1975. A disciplina é ministrada de forma expositiva com exercícios em sala de aula. É considerada a experiência dos projetos desenvolvidos pelo ministrante da disciplina. O método de ensino vem sendo adaptado ou melhorado, no decorrer dos últimos 20 anos. O primeiro encontro apresenta uma visão geral da finalidade, aplicação e o que é o concreto protendido. O objetivo é o entendimento de que protensão significa a introdução de esforços internos contrários aos atuantes. A introdução dos esforços é feita por meio de cabos adequadamente posicionados que são tracionados por mecanismos (macacos) e ancorados no próprio elemento estrutural de tal forma a inverterem o esforço introduzido. Os materiais envolvidos são aços de alta resistência, concreto também de resistência superior aos comumente usados, eventualmente ancoragens e bainhas. O dimensionamento é a resolução das equações que envolvem as variáveis características geométricas (dimensões da seção), força de protensão e excentricidades dos cabos (traçados dos cabos) de tal maneira a suportarem os esforços atuantes (momentos fletores). A força associada a tensão limite do aço define a seção de aço necessária e o número de cabos necessários para a protensão. As perdas são reduções na força aplicada nos cabos tracionados causados pelas deformações instantâneas e ao longo do tempo. As deformações instantâneas são devido ao atrito entre o cabo e a bainha, deslocamento da ancoragem e a deformação instantânea do concreto. As perdas deferidas se deve a reologia do concreto, fluência e relaxação dos cabos (LEONHART, 1983). A soma de todas as perdas é adicionada a força inicialmente dimensionada, o que leva a aumentar a força, em consequência o número de cabos e finalmente a novos ciclos de cálculo.

O método para dimensionamento (FAUCHART, 1975 e LACROIX, 1975) requer uma aprendizagem significativa do fenômeno. Os cálculos das perdas são feitos a partir de formulações empíricas, obtidas de resultados de testes laboratoriais normalizados. Por esta razão, exigem conhecimento dos fenômenos reológicos que deu origem, assim como a interação com condições ambientais ao longo da vida útil da estrutura. Estes são os aspectos que dificultam o entendimento dos alunos. É requerida uma competência do professor para levar o ensino a um aprendizado significativo (Ausubel, 2000) para permitir a construção do conhecimento que permita ao aluno construir uma competência capaz de elaborar projetos, usando concreto protendido. Este é o objetivo da ementa de 2012 da URI para a disciplina 38-212.

A seguir é relatada a aplicação do processo da Espiral de Ensino na turma de 2012 da URI-Santo Ângelo.

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

4.1 A preparação da Espiral de Ensino

A disciplina escolhida para aplicação é de Concreto Protendido, descrita na seção anterior. É ministrada no nono semestre da engenharia civil da URI-Santo Ângelo. A primeira aplicação ocorreu na turma de com 20 alunos. Os registros do indicador de 2011 é o desempenho. O resultado motivou a nova aplicação na turma 2012, com 35 alunos. Nesta foram feito registros com a metodologia que está sendo apresentados neste trabalho.

A aplicação inicia com a elaboração do planejamento já apresentada na Tabela 1. O passo seguinte é distribuir o conteúdo nas radiais da Espiral de Ensino. A Figura 2 é a distribuição do conteúdo em 3 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 deste ponto implica em não apresentar o conteúdo no ciclo.

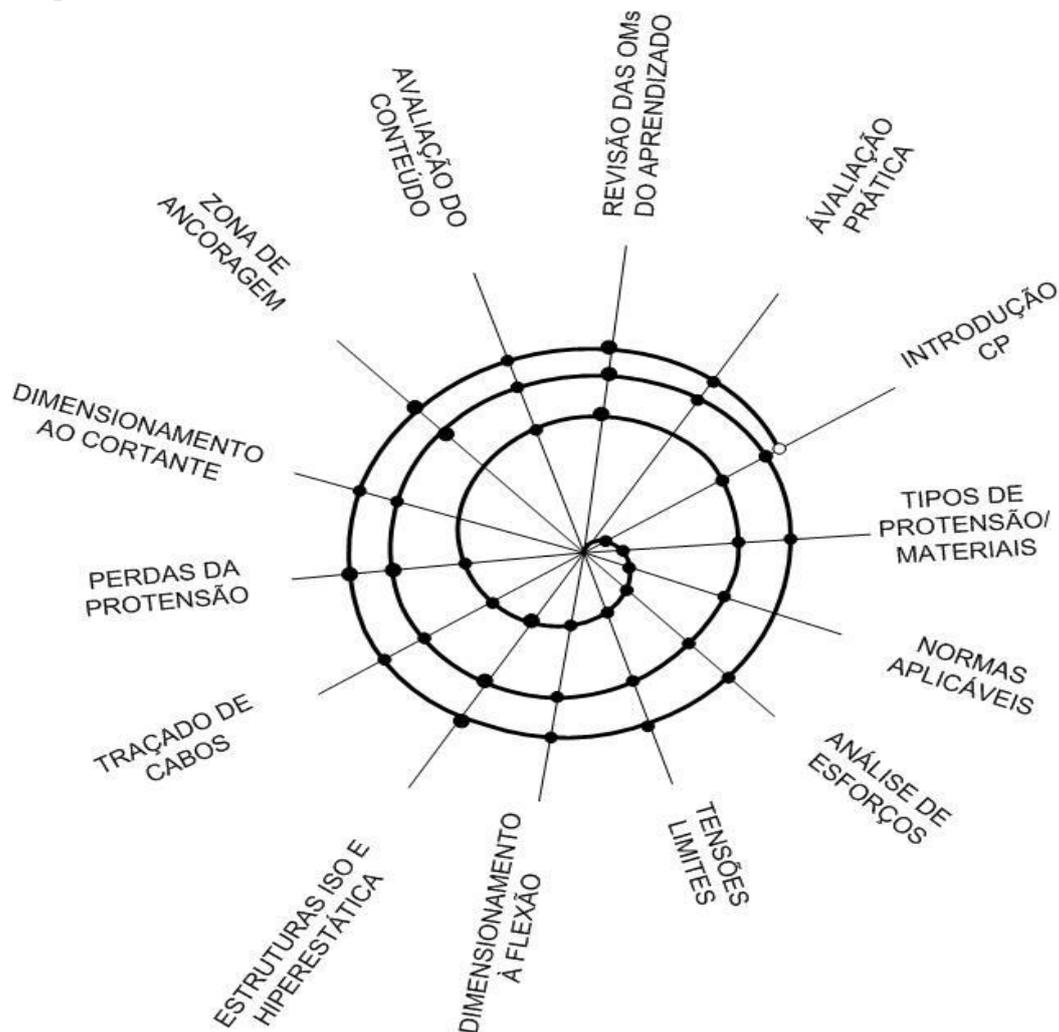


Figura 2 - Espiral de Ensino para a disciplina de Concreto Protendido em 2012.

A seguir é feito o detalhamento do conteúdo e previsão da forma como é apresentado o conteúdo da Espiral. O desdobramento está na Tabela 2, contemplando nas colunas o mesmo número de ciclos da espiral. É sobre o conteúdo da Tabela 2 que são feitas as ações corretivas, impactando na espiral no caso de alteração de sequência ou oferecimento do conteúdo no ciclo.

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

ITEM	1º CICLO DA ESPIRAL	2º CICLO DA ESPIRAL	3º CICLO
INTRODUÇÃO	Visão geral do CP, Processo executivo Força e perdas	Técnicas da pré e pós tensão. Critérios de Projeto	Estado da arte de Projeto e execução.
MATERIAIS	Aço e concreto para CP	Equipamentos e acessórios	Materiais CP
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	Comparação das normas ABNT e FIP
TENSÕES LIMITES	Valores definidos Pelas normas	Critérios de Projeto	Valores correntes de Projetos
DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO	Dim. seção, força e excentricidade	Dim. seção, força e excentricidade	Seção dada, ajustes de força, excentricidade
ESTRUTURAS ISO E HIPERESTÁTICAS	Esforços de Flexão em vigas isostáticas.	Esforços de Flexão em vigas isostáticas.	Esforços de Flexão em vigas hiperestáticas
TRAÇADO DE CABOS	Cabo resultante	Cabo resultante	Distribuição de cabos
PERDAS DA PROTENSÃO	Imediatas para o cabo resultante	Imediatas e deferidas cabo resultante	Imediatas e deferidas cabos diversos
ESFORÇO CORTANTE		Dimensionamento com cabos curvos	Tensões principais Círculo de Mohr
ZONA DE ANCORAGEM		Noção de distribuição de placas ativas.	Fretagem na zona de ancoragem
AValiação DO APRENDIZADO	Fluxogramas ou mapas conceituais feitos em sala, com acompanhamento, (grupos)	Fluxogramas ou mapas conceituais feitos em sala, com acompanhamento, (grupos 4 à 5)	Fluxogramas ou MP 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	Identificação com a turma das lacunas de aprendizado, reforço e revisão do próximo ciclo	Identificação com a turma das lacunas de aprendizado, reforço e revisão do próximo ciclo
AValiação PRÁTICA		Aviação individual e análise das lacunas de aprendizado para correção no próximo ciclo.	Aviação individual e reanálise das lacunas de aprendizado e de ensino para correção.

4.2 Aplicação

A disciplina foi apresentada em um semestre, sendo permitida a realização dos dois ciclos da espiral planejada. 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, 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 linguem técnica de projeto usada pelo professor. A ação corretiva foi a intensificação de trabalhos em grupos para partilhamento da informação (NOVOA, 2004) em linguagem 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 se deu para a 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.

4.3 Resultados e análises

As Figuras 3 e 4 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 35 alunos são separados aleatoriamente em 7 grupos de 5 alunos. A recomendação é constituir grupos de 4 a 5 alunos. O evento ocorre durante a aula e o professor apoia ao 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.

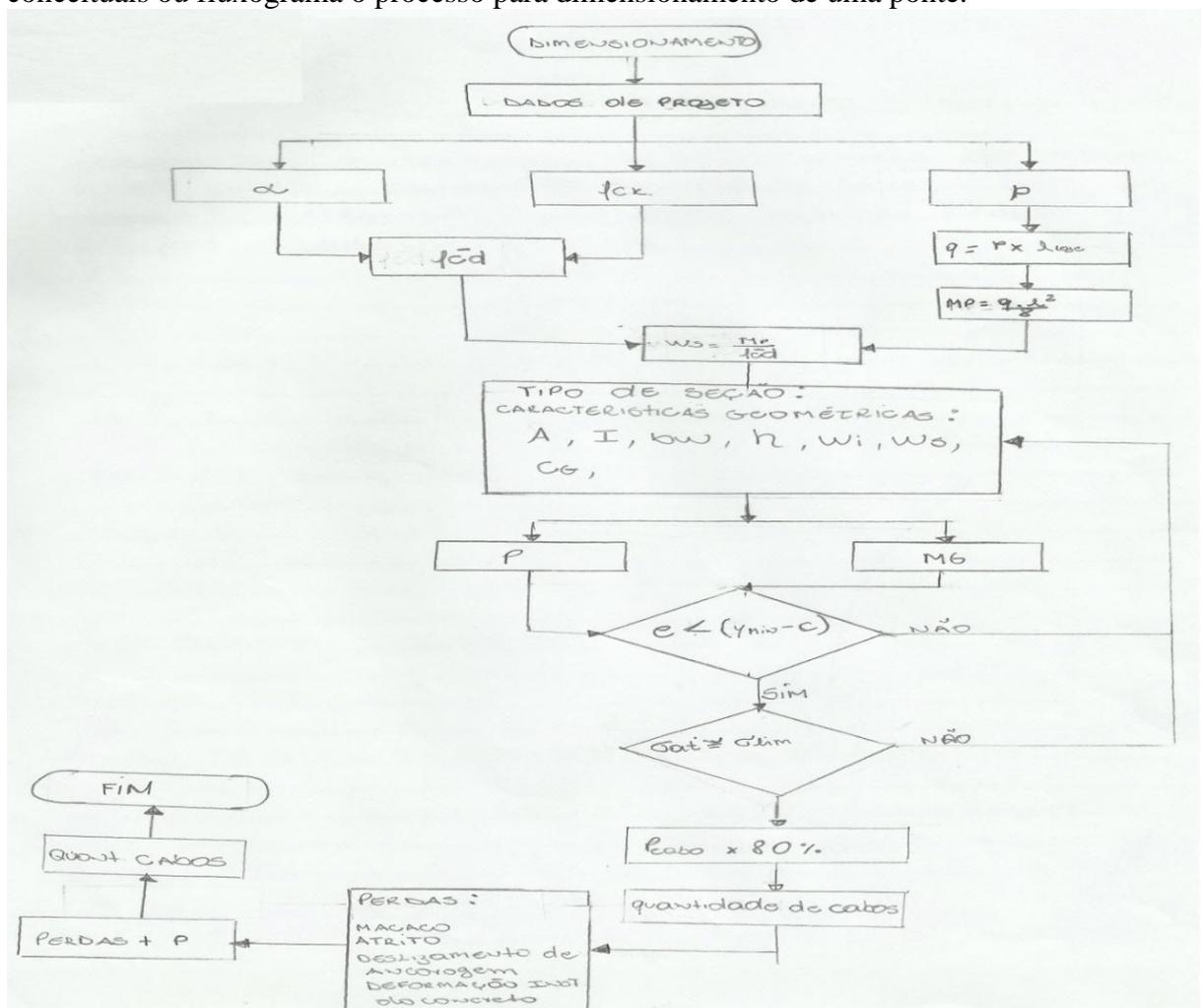


Figura 3 - Fluxograma para o dimensionamento da seção crítica- Grupo A junho/2012.

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 3 evidencia um entendimento claro na sequencia 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 (AUSEBEL, 2000). Os símbolos das figuras foram apresentados pelos alunos por serem baseados nas normas técnicas e de uso comum. O grupo B, Figura 4, apresenta o mesmo processo em outra forma, mostrando que o aprendizado não foi mecânico. A sequencia de atividades é simples, sem a formulação, mas deixa notar que os conceitos e as sequencias são consideradas.

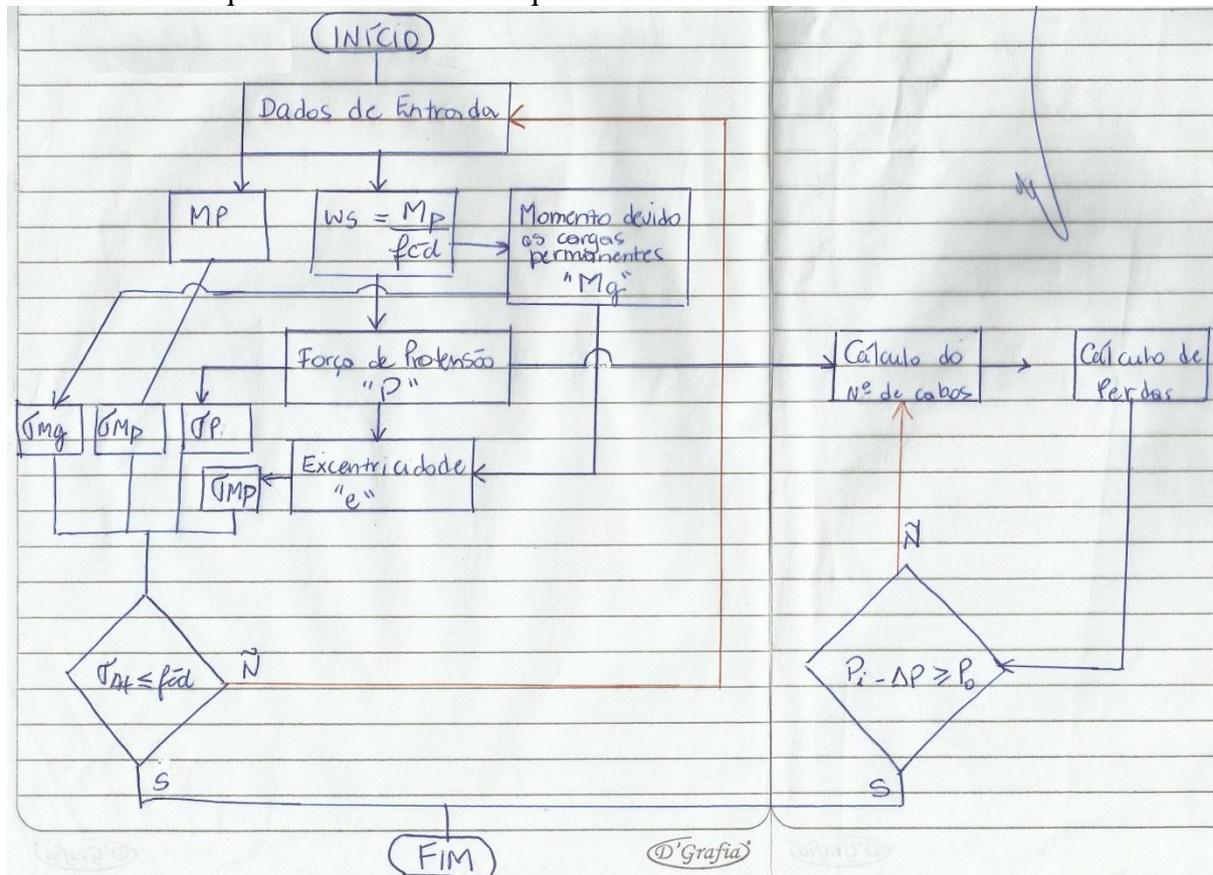


Figura 4 - Fluxograma para o dimensionamento da seção crítica - Grupo B junho/2012.

A segunda avaliação prática, feita por prova individual escrita, mostrou a melhoria identificada também nas avaliações do aprendizado em grupo. A Tabela 3 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 2. É importante observar que a turma objeto (2012) teve 35 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 7. Este número de alunos permite ao professor individualizar o ensino uma vez que é possível perceber a formação de cada aluno. A previsão no método da atividade de avaliação do conteúdo, previsto na Figura 2 e detalhado na Tabela 2, cria oportunidade de aprendizado. 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 (AUSEBEL, 2000).

Tabela 3 - 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	

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A observação da aplicação do método da Espiral de Ensino possibilita a apresentação de algumas considerações finais. A disciplina de Concreto Protendido foi escolhida pela razoável complexidade tecnológica para sua aprendizagem e também por ser de interesse regional a sua disseminação. A tecnologia não é aplicada por empresas da região.

É confirmado que o planejamento do conteúdo e do método de ensino deve ser sempre adaptado a formação dos alunos. O domínio do professor sobre o conteúdo é fundamental, mas, constata-se que por mais que o tenha, deve sempre ouvir a voz do aluno, porque sempre traz oportunidades para melhoria na metodologia de ensino.

Observa-se que a avaliação qualitativa do conteúdo com os alunos, pelo menos 2 vezes no semestre, fornece subsídios para adequações de técnicas de ensino. Estas avaliações permitem a percepção do professor no que se refere ao aprendizado significativo do aluno.

A circulação do professor entre os grupos ouvindo ou respondendo dificuldades enriquece o entendimento do que está sendo absorvido. A compreensão por parte do professor de como é absorvida a forma de ensinar, permite a aquisição de subsídios para melhorias do plano de ensino.

A utilização da Espiral de Ensino na disciplina de Concreto Protendido favoreceu o aprendizado significativo, recomendando sua aplicação de forma geral na área profissionalizante da engenharia. Os resultados do desempenho dos alunos são crescentes com a aplicação do método. A aplicação do método proporcionou surpreendente motivação entre os alunos no que se refere a utilização de mapas conceituais, a discussão em suas linguagens e o registro de suas constatações. Conclui-se que a aplicação do método da Espiral de Ensino é uma oportunidade para o ensino buscar a eficácia do aprendizado significativo em sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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, 2008.
- DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução na administração.** Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DET NORSKE VERITAS. **Rules for construction and classification of steel ships**. Oslo: Grondahl & Son Trykkery, 1977.

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

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

FAUCHART, Jacques. **Initiation au calcul des structures-béton e acier**. Paris: Eyroles 1975.

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

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

LACROIX, Roger; FUENTÈS, Albert. **Le projet de béton précontraint**. Paris Eyroles 1975.

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

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>.

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

TEACHING AND ASSESSMENT OF LEARNING: AN APPLICATION OF THE METHOD OF THE TEACHING SPIRAL

ABSTRACT: *The present scenario of development of engineering in Brazil has a growing number of courses and students. This fact strengthens the need for improvement in teaching and learning. This justifies the application of the method of Teaching Spiral in In Civil Engineering of URI Santo Ângelo. The method plans the content, form for submission of discipline, assesses learning and can correct gaps content not assimilated by students. The method is based on cognitive theory for meaningful learning, concept maps and associated teaching experience with the practice of naval design. The preparation of the content is formulated using the modified Archimedean spiral, turning the Teaching Spiral, the analogue done in naval projects. This adaptation involves three cycles of the spiral. At the end of each cycle is evaluated learning in groups. Improvement opportunities and their corrective actions are determined and applied in subsequent cycles of the spiral. The method was applied to URI in 2011 and 2012. The indicator was academic performance, comparing it to the last ten years. The performance in two years of implementation of the method is superior to previous evaluation. The conclusions of the method development are consistent with the reasons for meaningful learning. The method of Teaching Spiral promotes meaningful learning. The group sharing of information during the assessments, contribute to the construction of knowledge.*

Key Words: Teaching engineering, Spiral Teaching, Meaningful learning.