

MELHORIA DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM NA DISCIPLINA “CONCRETO PROTENDIDO” DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Denizard Batista de Freitas,¹ Antônio Vanderlei dos Santos,²

RESUMO

O ensino nas disciplinas profissionalizantes do curso de Engenharia Civil apresenta oportunidades para melhoria, no que se refere à aprendizagem, em especial, na disciplina de Concreto Protendido, que requer uma formação básica, multidisciplinar. Antes de oferecer o conteúdo propriamente dito, o professor tem de buscar o nível de formação do grupo. A proposta é desenvolver, a partir do nível de conhecimento de cada turma, um método de ensino que venha ao encontro do aprendizado significativo. A metodologia é baseada na experiência de sala de aula, projeto de estruturas *offshore* e naval. Adapta os princípios da espiral de projeto naval e de melhoria contínua, buscando as causas das não conformidades do aprendizado e fazendo ações corretivas no processo de ensino, com a participação dos alunos. O processo denominado Espiral de Ensino contempla a distribuição do conteúdo, avaliação, busca das causas e plano para melhorias em, pelo menos, três ciclos para um semestre. A metodologia revelou sua eficácia na aplicação do primeiro semestre de 2012, apresentando resultados de desempenho dos alunos superiores aos dez anos anteriores.

Palavras-chave: Ensino de engenharia; aprendizagem significativa; Espiral de Ensino.

ABSTRACT

IMPROVING TEACHING AND LEARNING IN DISCIPLINE “PRESTRESSED CONCRETE” IN CIVIL ENGINEERING COURSE

The teaching process in civil engineering regarding to professional subjects offers opportunities to improve the learning, in particular, the discipline of Prestressed Concrete, that requires a basic, multidisciplinary training. The teacher has to seek the level of group training before offering the content itself. The proposal is to develop a teaching method that enables to get meaningful learning, considering also, the level from each student group knowledge. The methodology is based on the experience of the classroom, of project offshore and of naval structures. It has at base the principles of the spiral in marine structures and continuous improvement, searching for the reasons for non-conformities of learning and taking corrective actions in the process of teaching, with students' participation. The process called Teaching Spiral, includes the distribution of content, the assessment, how to find the causes and the plan for improvements in at least three cycles for a semester. The methodology showed its effectiveness in application of the first half of 2012, presenting higher performances of the students compared to the previous ten years.

Keywords: Engineering teaching; meaningful learning; Teaching Spiral.

¹ Professor do Departamento de Engenharias e Ciência da Computação – DECC, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santo Ângelo; denizardf@santoangelo.uri.br

² Professor do Departamento de Ciências Exatas e da Terra – DCET, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santo Ângelo; vandao@urisan.tche.br

INTRODUÇÃO

A disciplina de Engenharia Civil que trata do cálculo de estruturas em concreto protendido apresenta um alto nível de complexidade tecnológica. Trata-se de uma tecnologia usada para a solução de elementos estruturais (vigas) que suportam outras estruturas de grande porte, tais como pontes, viadutos, prédios industriais e aeroportos, que possuem extensos vãos entre as colunas (LEONHART, 1983).

Como a ligação entre as colunas com grandes vãos é feita por vigas, os esforços, (momento fletor), em consequência, têm valores elevados que exigem dimensões também elevadas para a largura e a altura das vigas. A utilização do concreto protendido reduz consideravelmente as dimensões das vigas (LEONHART, 1983).

O domínio dessa tecnologia pertence a empresas situadas nos municípios onde a demanda por grandes obras é maior (capitais dos estados), impedindo que a tecnologia de dimensionamento e execução seja também de domínio da maioria dos engenheiros das cidades do interior. Embora haja necessidade de aplicação, de adequação ou até mesmo de desenvolvimento para inovar obras menores, essa tecnologia não é utilizada em obras regionais.

Existem diversos aspectos que dificultam o ensino e a aprendizagem significativa da disciplina de Concreto Protendido. São salientadas aqui a problematização e a contextualização do conteúdo da disciplina. Assim sendo, evidencia-se como problema central: qual o método de ensino mais adequado para se obter um aprendizado significativo e eficaz? Como usar o conhecimento prévio dos alunos como substrato, segundo Ausubel (2000), para construir o conhecimento significativo? Responder a essas questões é uma das principais motivações que levam a realizar este trabalho.

Existe a necessidade de se criar uma metodologia de ensino para elaborar um processo que melhore o ensino e a aprendizagem, permitindo aos alunos um aprendizado significativo. O desenvolvimento dessa metodologia traz a oportunidade de se usar a “metodologia de projeto” de Behrens (2008), que propõem:

- identificar, no âmbito da formação básica, o nível de conhecimento do aluno requerido pela disciplina;
- adequar o método de ensino para se obter uma aprendizagem significativa;
- avaliar e reavaliar a eficácia do método, usando mapas conceituais (MOREIRA, 2010) para a melhoria contínua (DEMING, 1990) do método.

Este artigo se inicia com a descrição da disciplina de Concreto Protendido. Logo após, é apresentada a Espiral de Arquimedes e sua adaptação para ser utilizada como ferramenta do método. Na sequência, é feita a aplicação das diretrizes do livro *Paradigma da complexidade* (BEHRENS, 2008) para a disciplina. A seção seguinte trata do método (processo) Espiral de Ensino, objeto deste artigo, com o resultado de sua aplicação e, após, são feitas as considerações finais.

O produto é um processo voltado para a disciplina de Concreto Protendido, mas que pode ser utilizado em outras disciplinas do segmento profissionalizante dos cursos de engenharia.

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. Outras universidades que oferecem essa disciplina na graduação em Engenharia Civil também o fazem no nono semestre, como é o caso da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UERJ), conforme a Distribuição Curricular de 2010. O curso de Engenharia Civil da UFRJ é considerado um dos melhores do Brasil.

A finalidade da disciplina é preparar os futuros engenheiros para projetarem estruturas, usando a tecnologia do concreto protendido. São também habilitados para fazerem a gestão tecnológica da execução de obras projetadas com esse recurso. A ementa básica da disciplina 38-212 – Concreto Protendido é constituída, segundo o ementário da URI – Universidade Regional Integrada (2012), por:

- 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 dos cabos;
- Perdas da protensão imediatas e deferidas;
- Flexão, tensões normais em estruturas isostática e hiperestática;
- Esforço cortante;
- Zona de ancoragem dos cabos tracionados;
- Processos de protensão.

A metodologia apresentada no conteúdo tem como base o método apresentado por Jacques Fauchart, no livro *Initiation au calcul des structures – béton et acier*, de 1975, também desenvolvido por R. Lacroix e A. Fuentes, no livro *Le projet de béton précontraint*, também 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 e melhorado, no decorrer dos últimos 20 anos.

O primeiro encontro apresenta uma visão geral da finalidade, aplicação e definição do concreto protendido. O objetivo é o entendimento de que protensão significa a introdução de esforços internos contrários aos atuantes. A introdução desses esforços é feita por meio de cabos adequadamente posicionados, que são tracionados por mecanismos (macacos) e ancorados no próprio elemento estrutural, de forma a manterem o esforço introduzido. Os materiais envolvidos são aços de alta resistência, concreto também de resistência superior aos comumente usados com ancoragens e bainhas.

As tensões limites são as estabelecidas como critério para o dimensionamento da seção transversal. Esse dimensionamento, por sua vez, é a resolução das equações que envolvem as variáveis características geométricas (dimensões da seção), força de protensão, excentricidades dos cabos (traçados dos cabos), de maneira a suportarem os esforços atuantes (momentos fletores). A força associada à tensão

limite do aço define a seção de aço necessária e o número de cabos para a pré-tensão.

As perdas são reduções na força aplicada nos cabos tracionados. São causadas pelo deslizamento da ancoragem do cabo no concreto, a deformação instantânea do concreto e o atrito do cabo no duto interno (bainha), por onde passa o cabo, são denominadas de perdas instantâneas. Existem também as perdas ao longo do tempo (deferidas), devido à deformação do concreto por retração (reologia), e a deformação decorrente da força de protensão comprimindo permanentemente o concreto (fluência).

Existe, ainda, a perda ao longo do tempo denominada relaxação, que é a perda de tensão no cabo de aço permanentemente tracionado. A analogia é feita às cordas de violão que desafinam (afrouxam) se deixadas tracionadas. O somatório dessas perdas é adicionado à 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. Por essa razão, exigem conhecimento das ocorrências reológicas, assim como a interação com condições ambientais ao longo da vida útil da estrutura.

Esses 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 necessário ao aluno para estabelecer a competência de elaborar projetos com o uso de concreto protendido. Esse é o objetivo da ementa de 2012 da URI, para a disciplina 38-212 – Concreto Protendido.

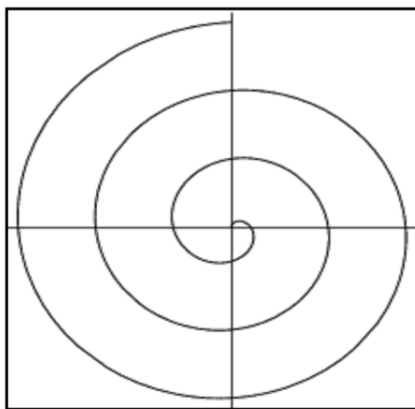
A ESPIRAL

A utilização da espiral adaptada requer uma descrição de como é formada a figura geométrica original. Com isso, torna-se possível saber como é feita a sua adaptação para transformá-la em uma ferramenta de planejamento de projeto. A Espiral de Projeto, por sua vez, é adaptada, neste artigo, para a Espiral de Ensino.

A adaptação leva ao entendimento de melhoria contínua (DEMING, 2003), o que se quer aplicar no ensino para a obtenção do aprendizado significativo (AUSUBEL, 2000).

A Espiral de Arquimedes (Figura 1) 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. Outra forma de entender a sua construção é pensar um eixo girando com uma velocidade constante e, sobre ele, um ponto se deslocando, também com a velocidade constante.

Figura 1: Espiral de Arquimedes



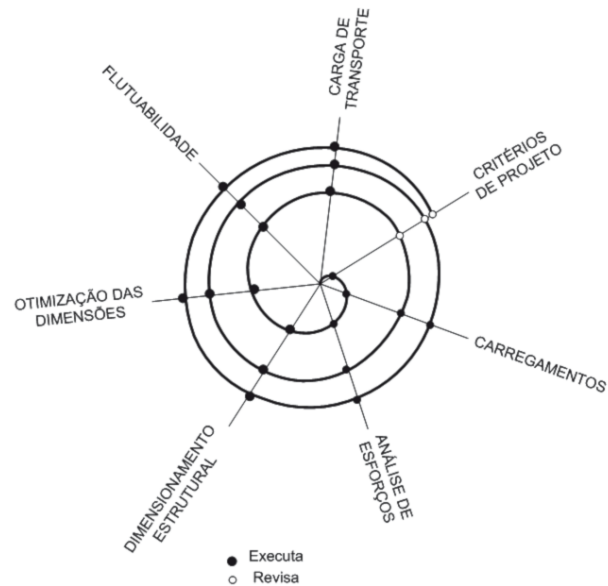
Fonte: Autores.

Os projetistas navais adotam a recomendação das normas da DNV – DET NORSKE VERISTAS (1977), que preconizam a utilização da Espiral de Arquimedes estilizada. Os ciclos da espiral representam os ciclos de análise de uma embarcação. A alteração na espiral regular de Arquimedes é feita para traduzir a convergência das análises. O sentido da convergência é obter a melhor relação entre o peso, a flutuabilidade e a capacidade de carga.

A Figura 2 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 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 (Figura 2).

A cada ciclo, os resultados da mesma atividade reduzem a diferença com o ciclo anterior, até ser igual a zero, conforme se mostra a seguir.

Figura 2 – Espiral de Projeto Naval



Fonte: Autores.

Como exemplo, tem-se o cálculo de uma embarcação flutuante que se queira projetar para uma determinada capacidade de carga. De início, deve-se ter 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 acrescer carga para a utilização da embarcação. 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 doce (rios), o que leva a projetos distintos para navegação no mar ou em rios.

Como exemplo, tem-se o cálculo de uma embarcação flutuante que se queira projetar para uma determinada capacidade de carga. De início, deve-se ter 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 acrescentar carga para a utilização da embarcação. 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 doce (rios), o que 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 (Figura 2). 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 e teriam sempre os mesmos resultados.

O PROCEDIMENTO

O procedimento inicia pelas definições das atividades (coluna 2, Quadro 1) para colocação nas radiais da Espiral de Ensino. É estabelecido o processo de ensino, contemplando o conteúdo e a metodologia de apresentação para buscar a aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000).

Quadro 1: Procedimento para Concreto Protendido

	ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	FONTES	RESPONSÁVEL
1-	DEFINIÇÃO DO CONTEÚDO	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 Arquimedes (Figura 3; detalhado no Quadro 2).	Bibliografia e publicações.	Professor
2-	NÚMERO DE CICLOS E APROFUNDAMENTO DE CADA CICLO	Usando a Espiral de Arquimedes com ciclos evolutivos (Figura 2), determinar o nível de aprofundamento em cada ciclo. O número de ciclos depende do nível de conhecimento dos alunos.	Formação prévia dos alunos.	Professor
3-	AULAS EXPOSITIVAS	Exposição teórica do conteúdo, com indicação de aplicação.	Formação do professor.	Professor
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 forma aleatória, atentando para não formar grupos homogêneos. Utilização de mapas conceituais (MOREIRA, 2008) para avaliar o conhecimento e fluxogramas para entendimento do processo tecnológico, permitindo compartilhar o conhecimento (NÓVOA, 2004) e agregar 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/ Professor
7-	BUSCA DAS CAUSAS DAS OMs	Usando um método baseado no gráfico de Ishikawa (1983), são determinadas as causas prováveis das Oportunidades para Melhoria (FNQ, 2011).	Causa e efeito	Aluno/ Professor

8-	AÇÕES CORRETIVAS E PREVENTIVAS	Identificadas as causas em comum acordo, são estabelecidas as ações corretivas para o que foi apresentado. A busca das causas pode identificar ações de melhoria sem ter OM, são preventivas.		Aluno/ Professor
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 eficácia das ações é verificada na avaliação do próximo ciclo.		Aluno/ Professor
10-	RETORNO AO ITEM 1	Repete-se a sequência dos itens 1 a 9		Professor

Fonte: Autores.

O desenvolvimento do processo é baseado nas diretrizes do livro *Paradigma da complexidade* (BEHRENS, 2008). Este apresenta dez etapas que estão descritas no Quadro 1, considerando que a mesma referência também permite a utilização de métodos próprios. O Quadro 1 tem, na sua primeira coluna, a numeração das diretrizes apresentadas no livro de BEHRENS (2008). Na segunda coluna, consta a atividade definida para cada uma das diretrizes recomendadas. Já a terceira 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 ou ambos. É adotada, também, a melhoria contínua, conforme preconiza a Fundação Nacional da Qualidade.

O PRODUTO: ESPIRAL DE ENSINO

As atividades que compõem o processo de projeto de um navio são substituídas, na espiral, pelo conteúdo a ser ministrado. A Espiral de Projeto transforma-se na Espiral de Ensino, objeto deste trabalho. Os resultados que se referem ao aprendizado são analisados nas avaliações, usando o método dos mapas conceituais (MOREIRA, 2008), ao final de cada ciclo da espiral. As melhorias são introduzidas para o próximo ciclo de ensino.

A profundidade do conteúdo 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 (Figura 3), como detalhado no Quadro 2. Uma proposta do plano para implementação está apresentada na Figura 3:



Figura 3: Espiral de Ensino de concreto protendido

Fonte: autores.

A analogia da espiral de projeto naval com a proposta se dá com base na evolução das técnicas de ensino e o resultado do aprendizado significativo. A Figura 3 mostra a espiral de concreto protendido traçada em três ciclos, simbolizando a linha do tempo, iniciando no centro. Os eixos radiais apresentam os conteúdos da disciplina. A intersecção do eixo radial com a linha da espiral, em cada giro, 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.

A existência de um segundo semestre em continuidade pode reduzir a espiral para dois ciclos. O

número de ciclos a serem oferecidos, isto é, número de vezes para abordar o tema de um determinado item, depende fundamentalmente do conhecimento preexistente por parte dos alunos, para a ocorrência do aprendizado significativo (AUSUBEL, 2000). O professor (facilitador) deve ter sensibilidade quanto ao nível de aprendizado dos alunos para que o conhecimento possa ser construído. 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 do Quadro 1). O resultado das avaliações pode levar a ações corretivas, alterações no método ou nos temas a serem abordados no próximo ciclo.

O Quadro 2 apresenta as atividades (conteúdos) e como são desenvolvidas em cada ciclo. A metodologia de apresentação do conteúdo também está no Quadro 2. O Quadro 3 mostra o cronograma

para o semestre genérico. A cada ciclo de avaliação (espiral), as oportunidades de melhoria reduzem, proporcionalmente ao sucesso do ciclo anterior. A diferença entre a metodologia do projeto naval com a proposta 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).

O Quadro 2 traz o detalhamento da espiral de ensino do tema concreto protendido, e apresenta o método para cada conteúdo. A primeira coluna refere-se ao item ou ao conteúdo a ser desenvolvido, conforme o método que é apresentado em cada ciclo de sua repetição. As três colunas seguintes, 1º, 2º e 3º ciclos da espiral, descrevem como é planejado o desenvolvimento do conteúdo em cada ciclo.

Os planos podem ser alterados para o ciclo seguinte em função do resultado da avaliação e dos testes.

Quadro 2- Espiral de Conteúdo de Concreto Protendido – Detalhamento

ITEM	1º CICLO DA ESPIRAL	2º CICLO DA ESPIRAL	3º CICLO DA ESPIRAL
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 em estudo para CP.
TIPOS DE PROTENSÃO	Princípios da pré e pós-tensão.	Elementos pré-moldados em CP.	
NORMAS APLICÁVEIS	Apresentação das Normas da ABNT pertinentes.	Critérios de projeto.	Comparação das normas ABNT /FIP
TENSÕES LIMITES	Valores definidos pelas normas.	Critérios de projeto.	Valores correntes de projeto.
DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO	Dimensionamento da seção, força e excentricidade para a protensão total.	Dimensionamento da seção, força e excentricidade para a protensão total.	Seção dada, ajustes de força e 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 (grupos).	Fluxogramas ou mapas conceituais (grupos).	Fluxogramas ou mapas conceituais (grupos).
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, subsídios para próximo semestre.
AVALIAÇÃO PRÁTICA	Avaliação individual do conteúdo e reanálise das lacunas de aprendizado para correção no próximo ciclo.	Avaliação individual do conteúdo e reanálise das lacunas de aprendizado para correção no próximo ciclo.	Avaliação individual do conteúdo e reanálise das lacunas para próximo semestre.

Fonte: autores.

O Quadro 3 apresenta um modelo de cronograma para um semestre genérico da disciplina de Concreto Protendido. É o plano de ensino (atividade x tempo), o desdobramento da espiral de ensino apresentada na Figura 3. A primeira coluna apresenta as atividades. A segunda coluna permite o con-

trole do efetivamente realizado (R) em relação ao previsto (P). É a distribuição em quatro meses dos três ciclos previstos na Figura 3. Os meses genéricos estão distribuídos em quatro semanas para adequação a um calendário real do semestre.

Quadro 3 – Cronograma semestral

MÊS		CICLO 1				CICLO 2				CICLO 3				
		MÊS 1				MÊS 2				MÊS 3				MÊS 4
ATIVIDADE/SEMANA		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5
DEFINIÇÃO DO CONTEÚDO	P	■												
	R													
NÍVEIS DE APRESENTAÇÃO E NÚMERO DE CICLOS	P	■												
	R													
AULAS EXPOSITIVAS	P	■	■	■	■			■	■	■	■		■	■
	R													
BUSCA DE INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	P			■	■			■	■			■	■	
	R													
AVALIAÇÃO DO CICLO	P					■				■				■
	R													
IDENTIFICAÇÃO DOS PFs E OMs	P						■				■			■
	R													
BUSCA DAS CAUSAS DAS OMs	P						■				■			■
	R													
AÇÕES CORRETIVAS E PREVENTIVAS	P						■				■			■
	R													
IMPLEMENTAÇÃO DAS ACs	P							■	■	■	■		■	■
	R													
VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DAS ACs	P										■			■
	R													

Fonte: autores.

P=Previsto R=Realizado

O produto apresentado (método de ensino) foi aplicado experimentalmente no 9º semestre do curso de Engenharia Civil da URI, Campus Santo Ângelo. A aplicação ocorreu no primeiro semestre de 2012, na disciplina 38-212 de Concreto Protendido. A turma era constituída por 36 alunos, todos fazendo a disciplina pela primeira vez. As avaliações foram em número de três, conforme o processo. Antes do primeiro teste, os alunos foram preparados para utilizar a ferramenta de mapas conceituais (MOREIRA, 2008). Foi solicitada, conforme item 5 do Quadro 1, a elaboração de mapas conceituais que traduzissem o conhecimento até então adquirido.

Para a realização desse trabalho, foi solicitado que formassem grupos com quatro integrantes. Ao observar o desenvolvimento da elaboração dos mapas conceituais, foi possível constatar o compartilhamento do conhecimento (NÓVOA, 2004). Os alunos discutiram as práticas, havendo uma troca de entendimento, resultando na construção dos conceitos e na sequência das operações. As dificuldades apresentadas no entendimento dos diferentes grupos (aprendizado) permitiram ações corretivas no processo de ensino.

O desempenho da turma foi, em média, superior ao das turmas de anos anteriores. Foram aprovados por média 35 alunos, houve a desistência de um aluno no início da disciplina. As turmas anteriores apresentaram reprovações diretas, média semestral inferior a 5, um percentual de 50% de exames, média semestral inferior a 7 e reprovação em torno de 10 %. Os resultados mostraram a melhoria no aprendizado na turma em que foi aplicado o método, em relação aos anos anteriores. Ainda podemos considerar como resultado qualitativo positivo do método: a melhoria pelo compartilhamento das informações; o acréscimo de participação melhorando a autoestima do aluno; o entusiasmo do professor frente ao comprometimento dos alunos com o aprendizado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos anos anteriores, os resultados mostraram uma melhoria considerável no aprendizado da turma em que foi aplicado o método. As disciplinas profissionalizantes de engenharia, em

especial a de 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, em função do número de ciclos do processo de projeto, podem ser aplicados ao processo de ensino, transformando-se na Espiral de Ensino. O processo da Espiral de Ensino utiliza os mesmos princípios do projeto naval. São aplicados no plano de ensino, contemplando o conteúdo, a metodologia e a avaliação. A avaliação traz subsídios para melhoria do método, do processo e do conteúdo. Os mapas conceituais são uma ferramenta robusta para a eficácia da avaliação, fornecendo subsídios para busca das causas das dificuldades de aprendizado significativo dos alunos e consequentes ações corretivas no processo de ensino. Os resultados da primeira aplicação indicam que o processo é um caminho no sentido de melhoria do ensino que busca o aprendizado significativo.

REFERÊNCIAS

- 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. Tradução de Carlos Irineu da Costa. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.
- DEMING, W. E. **Qualidade**: a revolução na administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.
- DNT – Det Norske Veritas. **Rules for construction and classification of steel ships**. Oslo: Grondahl & Son Trykkery, 1977.
- FAUCHART, J. **Initiation au calcul des structures – béton et acier**. Paris: Eyroles 1975.
- FNQ – FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE. **Crêterios de excelência**: MEG 19. ed. São Paulo: Fundação Nacional da Qualidade, 2011.
- ISHIKAWA K. **Controle de Qualidade Total**: à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- LACROIX, R.; FUENTES, A. M. **Le projet de béton précontraint**. Paris: Eyroles, 1975.

LEONHART, F. **Construção de concreto**: v. 5: concreto protendido. Tradução de João Escosteguy Merino. Rio de Janeiro: Interciência, 1983.

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

NÓVOA, A. **Currículo e docência**: a pessoa, a partilha, a prudência In: MAZALLA, Wilson Jr. (direção geral). Vários autores. Campinas, 2004. Capítulo 1.

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Distribuição curricular da Engenharia Civil** – ênfase em estruturas, 2010. Disponível em <<https://www.siga.ufrj.br/sira/temas/zire/frameConsultas.jsp?mainPage=/repositorio-curriculo/3918521D-92-A4-F79B-1A27-5A2E50ABC9B3.html>>. Acesso em: 2 jun 2012.

URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Pró Reitoria de Graduação. **Projeto do Curso de Engenharia Civil**. Santo Ângelo, 2012.

DADOS DOS AUTORES



Denizard Batista de Freitas – Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1972, CES d’Ouvrages d’Art a L’École Nationale Des Ponts Et Chaussées Paris, 1978. Mestre em Ensino Científico e Tecnológico pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2013. Experiência em projeto de estruturas em concreto armado, protendido e *offshore*. Trabalhou como gerente de projetos *offshore* na A. A. Noronha Engenharia (1973-1976) e (1978-1983); Diretor de Engenharia da empresa PLANAVE (1983 à 1992), ambas do Rio de Janeiro. Experiência no exterior na Campenond Bernard Cetra de Paris, como engenheiro estagiário, 1977-1978 e Petro Marine Engineering, Nova Orleans-USA, coordenando, para PETROBRAS, o projeto para plataformas de exploração de petróleo, 1982. Examinador da Fundação Nacional da Qualidade desde 1994, recebendo o prêmio de Examinador 2003. Experiência de ensino: Instrutor do Instituto Brasileiro de Petróleo-Rio de Janeiro, “Estruturas *offshore*”; URI-Santo Ângelo (antiga FUNDAMES), 1987 – disciplinas de Resistência dos Materiais, Estruturas de Concreto Armado, Concreto Protendido e Pontes; Professor visitante curso pós-graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria 1992-1995.



Antônio Vanderlei dos Santos – Licenciatura Em Física pela Universidade Federal de Santa Maria (1990), mestrado em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina (1993) e doutorado em Ciências (Área de concentração: Física), pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1997). Atualmente, é professor tempo integral da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada, atuando principalmente nos seguintes temas: estrutura eletrônica, estrutura de bandas, nitretação, ensino da física e ligas magnéticas. Professor do mestrado em ensino científico e tecnológico, atuando nas linhas de pesquisa de Tecnologias da Informação e Ensino de Ciências, Práticas Educativas no Ensino de Ciência e Tecnologia. Atua também na área de gestão da inovação, sendo coordenador do Núcleo de Inovação e Transferência Tecnológica do campus de Santo Ângelo – RS (NITT). Revisor de periódicos das revistas *Journal of Solid State Chemistry*, *ISRN Materials Science*, *Technology. A. Vacuum, Surfaces and Films*.