



Uma ponte para o futuro: competição de pontes de espaguete como uma experiência didática nas escolas de ensino médio

Rosana Maria Luvezute **Kripka**

Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo
Brasil

rkripka@upf.br

Moacir **Kripka**

Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo
Brasil

mkripka@upf.br

Carlos Ariel Samudio **Pérez**

Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo
Brasil

samudio@upf.br

Guilherme Fleith de **Medeiros**

Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo
Brasil

guifleith@hotmail.com

Resumo

A partir da experiência já consolidada no Curso de Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo (UPF), em 2009 foi implementada uma Competição de Pontes de Espaguete para alunos do Ensino Médio. O projeto, designado como Uma Ponte para o Futuro, envolveu apenas as Escolas do Município de Passo Fundo e, de forma mais específica, os alunos do segundo ano do Ensino Médio. Devido ao caráter multidisciplinar do projeto, a equipe foi composta por docentes tanto da área tecnológica como das ciências básicas (matemática e física), bem como alunos de graduação. Com o desenvolvimento da Competição objetivou-se estimular os estudantes de ensino médio através da aplicação de conteúdos das disciplinas das ciências básicas num projeto da área tecnológica. O presente artigo apresenta um balanço dos dois primeiros anos de desenvolvimento da atividade, descrevendo-se a metodologia empregada e os resultados das avaliações efetuadas pelos alunos das escolas participantes.

Palavras chave: educação, matemática, ciências exatas, ensino médio, espaguete.

Introdução

No Brasil, o ensino médio vem apresentando deficiências que repercutem de forma negativa tanto na opção dos alunos pelos cursos das áreas das ciências exatas, como no nível de preparo de boa parte dos ingressantes nesses cursos. Em certa medida, essas dificuldades estão relacionadas a abordagens pouco estimulantes empregadas no ensino médio em disciplinas como física, matemática, química e informática. Por isso, é importante buscar metodologias que permitam motivar os professores de nível médio e despertar o interesse dos alunos por essas disciplinas (Inova Engenharia, 2006). Diversos autores têm apresentado a modelagem matemática como uma alternativa interessante para o processo de ensino-aprendizagem de matemática (BASSANEZZI,2002; BIENBENGUT,1999, BURAK,1987).

A estratégia pedagógica dos concursos de projeto entre alunos dos cursos de graduação em engenharia vem sendo utilizada com êxito pelos educadores, como uma alternativa para fomentar a criatividade e estimular o desenvolvimento de atitudes fundamentais em relação à arte e à tecnologia de projeto (GIORGETTI et all, 2005). Com o objetivo de proporcionar a seus alunos a aplicação dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas da área de estruturas, o Curso de Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo organizou no ano de 2007 sua primeira Competição de Pontes de Espaguete. Essa competição consistiu basicamente no projeto e na construção de uma ponte constituída unicamente de espaguete e cola, segundo critérios especificados pelos professores organizadores, que fosse capaz de suportar o maior peso possível aplicado no centro do vão. Devido à excelente acolhida pelos alunos do Curso na ocasião, decidiu-se conferir à atividade um caráter anual. Em maio de 2010 foi realizada a quarta edição (a Figura 1 apresenta o ensaio destrutivo da ponte vencedora, a qual suportou um total de 187,3 kgf).



Figura 1. Ensaio destrutivo da ponte vencedora da quarta edição da Competição de Pontes de Espaguete do Curso de Engenharia Civil da UPF

Além da inegável contribuição da Competição de Pontes de Espaguete na formação dos alunos, comprovada pela avaliação dos próprios membros das equipes participantes (PRAVIA et al., 2008), observou-se uma grande repercussão da Competição na mídia regional, dado o interesse e a curiosidade despertados pelo caráter inusitado da atividade. Em função disso, e tendo como principal objetivo estender os benefícios decorrentes do envolvimento em uma atividade dessa natureza a um número maior de estudantes, foi desenvolvida em 2009 a I Competição de Pontes de Espaguete para alunos do Ensino Médio, designada como *Uma Ponte para o Futuro*, entre algumas escolas de Passo Fundo, no Rio Grande do Sul.

Com o desenvolvimento da Competição objetivou-se propiciar aos estudantes de ensino médio a vinculação entre os conteúdos das disciplinas das áreas das ciências básicas com a

aplicação direta em uma área tecnológica, no caso específico, através do envolvimento no projeto, construção e ensaio de uma estrutura.

De forma mais ampla, o projeto “Uma Ponte para o Futuro”, tem como principal meta relacionar os conhecimentos de física e de matemática, transmitidos no Ensino Médio, com as teorias básicas que envolvem o projeto de uma estrutura estável, permitindo aos professores o desenvolvimento de uma atividade prática, a qual pode despertar um maior interesse dos alunos pelas disciplinas e ajudar na fixação dos conteúdos.

As atividades propostas visaram possibilitar ao aluno envolvido sistematizar, implementar e testar uma metodologia para a análise e o dimensionamento de uma estrutura de forma lúdica, bem como estimular o trabalho em equipe e a integração entre os alunos.

Os itens seguintes deste trabalho descrevem a metodologia empregada no desenvolvimento das atividades relacionadas às duas primeiras edições da Competição de Pontes de Espaguete para os alunos do Ensino Médio de Passo Fundo, ocorridas durante os anos de 2009 e 2010, com ênfase na avaliação do projeto efetuada pelos alunos envolvidos.

Proposta metodológica

Devido ao seu caráter multidisciplinar, o projeto foi desenvolvido por uma equipe composta por docentes tanto da área tecnológica (engenharia civil) como das ciências básicas (matemática e física), bem como alunos de graduação destes cursos.

A Competição foi destinada apenas a alunos que estivessem cursando o segundo ano do ensino médio em escolas de Passo Fundo pois, neste estágio, já teriam o embasamento teórico necessário para o cálculo da estrutura simplificada das pontes, e ainda estariam em fase preparatória para o concurso vestibular.

Os alunos deveriam construir pontes feitas unicamente de espaguete e cola quente, pesando no máximo 500 gramas e com medidas pré-determinadas, tendo que resistir a maior carga possível aplicada no centro do vão de 0,5 metros.

As atividades relativas à Competição de Pontes de Espaguete foram divididas em duas grandes etapas, ou momentos, quais sejam: a competição interna em cada escola participante e a competição final na UPF.

Inicialmente foram realizadas reuniões com as direções e coordenações pedagógicas das escolas sugeridas pela coordenação da 7ª Coordenadoria Regional de Educação de Passo Fundo, e posteriormente com os professores de matemática e física das escolas que aceitaram participar do projeto, para que a proposta fosse apresentada e esclarecida.

A fim de orientar os trabalhos a serem desenvolvidos nas escolas foi realizada, nas dependências da Universidade de Passo Fundo, uma oficina preparatória com os professores participantes do projeto, onde foi apresentada a experiência do curso de engenharia civil bem como os fundamentos do projeto das pontes. Posteriormente foram realizadas palestras motivacionais para os alunos, solicitadas pelos professores do ensino médio, de modo a despertar o interesse pelo desenvolvimento do projeto e também para esclarecer possíveis dúvidas e curiosidades que os alunos eventualmente pudessem ter.

As atividades desenvolvidas internamente em cada escola envolveram estudos dos fundamentos do projeto estrutural, fazendo a ligação destes com os conhecimentos de física e de

matemática, seguindo-se do cálculo e construção das pontes pelas equipes e finalizando com os ensaios destrutivos, sempre sob supervisão dos professores da escola e de membros da equipe organizadora.

A Competição final foi disputada entre as equipes vencedoras em cada escola e ocorreu nas dependências da UPF, buscando a integração com e entre as escolas, bem como da comunidade com a universidade. Foi efetuada a premiação das equipes que obtiveram melhor desempenho nas competições, bem como da escola que arrecadou a maior quantidade de alimentos para posterior doação (premio de *Campeã Social*). Os prêmios foram arrecadados ao longo do ano, junto a empresas da região e à própria UPF.

A grande vencedora da Competição de Pontes de Espaguete do Ensino Médio (1º lugar em Resistência) seria a equipe que construísse a ponte capaz de suportar a maior carga possível no ensaio de ruptura realizado na segunda etapa da competição. Em caso de empate no valor da carga, o critério utilizado para o desempate seria o peso próprio da ponte, sendo considerada vencedora a estrutura mais leve.

Projeto e construção das pontes de espaguete

A proposta da atividade é possibilitar ao estudante relacionar os conhecimentos de física e de matemática, transmitidos no Ensino Médio, com as teorias básicas que envolvem o projeto de uma estrutura estável, objetivando a percepção de aplicações reais e de conceitos, até então abstratos, de matemática e de física.

Como as estruturas das pontes geralmente constituem um modelo conhecido como treliça espacial, é necessário observar que treliças são estruturas formadas por barras retas, sempre formando triângulos, onde as barras, também chamadas de elementos, se interligam apenas nas suas extremidades. Esses pontos de ligação são chamados de nós. Para facilitar o cálculo estrutural da treliça, propõe-se que as pontes sejam construídas a partir de duas treliças planas unidas por barras de ligação, chamadas de contraventamentos.

Existem dois tipos de forças internas (esforços) que podem atuar ao longo de uma barra de treliça: compressão e tração. Essas forças estão sempre na direção da barra e são elas que vão definir o diâmetro do elemento (número de fios de espaguete). Quando a força interna tende a encurtar a barra é dito que o elemento está comprimido. Essa força, por convenção, é dita *negativa*. Quando a força interna tende a esticar a barra é dito que o elemento está tracionado (força *positiva*).

Para que a estrutura permaneça estável é necessário que em todos nós exista o equilíbrio de forças atuando sobre eles. Assim, dos conceitos gerais sobre o equilíbrio dos corpos, e considerando um sistema triortogonal de eixos, no qual o plano da estrutura é designado como XY, para que a estrutura permaneça estável é necessário que o somatório de forças horizontais ($\sum F_x = 0$) e verticais ($\sum F_y = 0$) sejam iguais a zero, bem como o somatório dos momentos (tendência de rotação) em todos os nós da estrutura ($\sum M_z = 0$). Ao efetuar o equilíbrio nos nós da estrutura recai-se em um sistema de equações lineares, a fim de se calcular as forças atuantes nos elementos da estrutura.

A partir do conceito de equilíbrio da estrutura e dos nós podem ser obtidas as reações de apoio e os esforços nos elementos. A Figura 2 ilustra a representação de uma treliça plana, submetida a uma força de 10N no nó central C e apoiada nos nós extremos A e E.

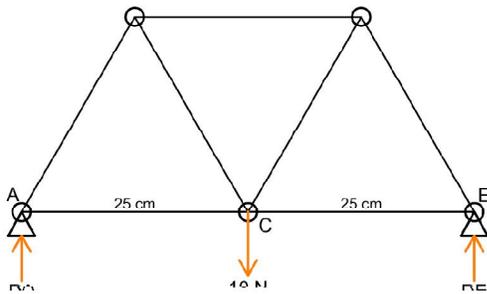


Figura 2. Treliça plana: ações e reações de apoio

Supondo que exista uma força vertical atuando sobre o vértice C. Em resposta a esta força, sobre os nós A e E também atuam forças contrárias, que os apoios aplicam sobre a estrutura, de modo que fique estável, chamadas na engenharia de “reações nos apoios”

Considerando o sinal das forças e momentos nos cálculos obedecerá a Convenção de Grinter, para fazer o equilíbrio das forças horizontais sobre a estrutura, como um todo, como não há ações e reações o equilíbrio em x é mantido. Para fazer o equilíbrio das forças verticais, tem-se:

$$RA + RE - 10N = 0 \quad (1)$$

Para fazer o equilíbrio de momentos, sobre a estrutura, como um todo, a partir de um dos apoios (escolhendo o da esquerda, apoio A), obtém-se:

$$-10 \cdot 25 + RE \cdot 50 = 0 \quad (2)$$

Assim, os somatórios de forças nos levam ao sistema de equações lineares:

$$\begin{cases} RA + RE - 10N = 0 \\ -10 \cdot 25 + RE \cdot 50 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

O sistema, que poderá ser resolvido pelo método da substituição, tem como solução: $RA = 5N$ e $RE = 5N$. Nesta parte do trabalho é possível observar com os alunos que, pelo fato da estrutura ser simétrica, e que a carga é aplicada no centro, o valor das reações em cada apoio sempre vai ser metade do carregamento aplicado.

Assim como a estrutura inteira, cada nó também deve estar em equilíbrio, ou seja, as equações 4,5 e 6 devem ser satisfeitas por todos os nós da treliça. A partir dessas equações e utilizando a trigonometria calculam-se as forças atuantes dentro de cada barra, as quais são chamadas em engenharia de esforços normais.

Em seguida, escolhe-se um nó para começar o equilíbrio, como por exemplo o nó A. Sobre ele atuam as forças NAB , NAC e a força vertical de $5N$ (ver Figura 3).

Fazendo a decomposição vetorial de NAB , tem-se:

$$\cos 60^\circ = \frac{NAB_x}{NAB} \quad \Rightarrow \quad NAB_x = NAB \cos 60^\circ = 0,5NAB \quad (4)$$

$$\text{sen}60^0 = \frac{NAB_y}{NAB} \quad \Rightarrow \quad NAB_y = NAB \text{sen}60^0 = 0,866NAB \quad (5)$$

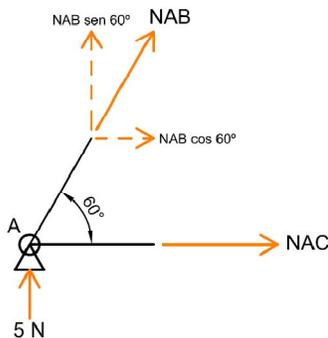


Figura 3. Representação das forças atuantes sobre o nó A.

Como todas as forças consideradas atuam sobre o nó A, o somatório dos momentos provocados por estas forças sobre A é nulo. Assim, para manter o equilíbrio de A basta considerar que o somatório de forças horizontais e verticais sejam nulas, ou seja:

$$\text{Equilíbrio em X:} \quad NAB \cos 60^0 + NAC = 0 \quad \Rightarrow \quad 0,5NAB + NAC = 0$$

$$\text{Equilíbrio em Y:} \quad NAB \text{sen}60^0 + 5 = 0 \quad \Rightarrow \quad 0,866NAB + 5 = 0$$

Assim, os somatórios de forças conduzem ao sistema de equações lineares:

$$\begin{cases} 0,5NAB + NAC = 0 \\ 0,866NAB + 5 = 0 \end{cases} \quad (6)$$

O sistema (6), que poderá ser resolvido pelo método da substituição, tem como solução: $NAB = -5,77N$ e $NAC = 2,885N$ (ver Figura 4). Nesta etapa pode-se observar que a barra que une os nós A e B está comprimida e que a barra que une os nós A e C está tracionada.

Este mesmo processo de decomposição vetorial e resolução de sistemas lineares se aplica a todos os nós da treliça com o objetivo de mantê-los em equilíbrio. No final do processo serão obtidos os esforços em todos os elementos.

Para que a estrutura resista às forças atuantes, o número de fios de espaguete necessário em cada barra é obtido por meio dos esforços calculados e das propriedades do material empregado. Para a confecção das pontes de espaguete foram utilizados os estudos de González, Morsch e Masuero (2005). O peso da treliça é obtido a partir do comprimento total de espaguete utilizado multiplicado pelo peso linear do fio de espaguete (aproximadamente 0,07 g/cm). Um maior detalhamento sobre o cálculo completo da estrutura pode ser obtido em Kripka et al (2010).

A treliça plana terá que se unir a outra, idêntica, a fim de dar origem a uma estrutura espacial, no caso das pontes de espaguete. Conforme o peso alcançado pode-se diminuir a carga (peso acima do limite) ou aumentá-la (peso abaixo do limite), redimensionando a estrutura. Cabe

destacar que o comportamento dos esforços é linearmente proporcional à carga. Desta forma, caso se duplique a carga inicialmente aplicada, basta multiplicar por dois o valor dos esforços.

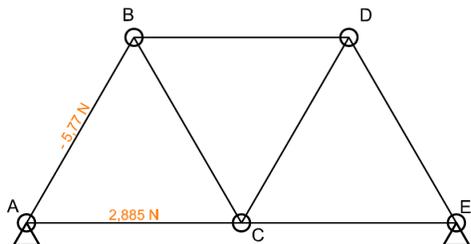


Figura 4. Representação das forças atuantes sobre o nó A.

Uma vez calculada a estrutura, procede-se a montagem da mesma, segundo os critérios definidos pela comissão organizadora. Além do peso máximo de 500 gramas, sendo aceitos unicamente massa do tipo espaguete e cola quente, foram definidos os limites dimensionais sendo altura máxima de 25 cm, comprimento entre 50 a 60 cm e largura entre 5 a 15 cm. A ponte é apoiada nas duas extremidades por meio de tubos de PVC para água fria de 1/2" de diâmetro, sendo que uma barra de aço de construção de 8 mm deve ser fixada no centro do vão da ponte, para posterior aplicação dos pesos.

A figura 5 apresenta a foto de uma ponte finalizada, durante o processo de pesagem. Para a determinação do peso final não são contabilizados os pesos dos tubos e da barra de aço.

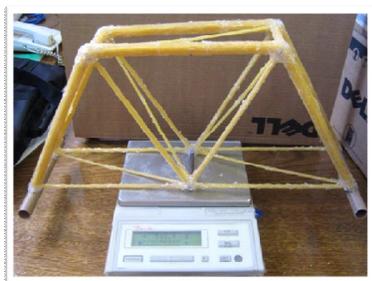


Figura 5. Pesagem da estrutura finalizada.

Com o objetivo de subsidiar os professores e alunos das escolas participantes, as diversas etapas relacionadas à construção de uma ponte foram filmadas e disponibilizadas no YouTube. Também foi disponibilizada aos professores uma cópia das oficinas, contendo um resumo da fundamentação teórica e do cálculo e detalhamento completos da estrutura da Figura 2.

Desde o início da atividade os alunos e professores envolvidos são orientados a consultarem regularmente o site da competição (www.upf.br/espaguetes). Através dele podem ser acessados os materiais de apoio, links para os vídeos, informações sobre edições anteriores das competições e últimas notícias. A Figura 6 ilustra uma das páginas do site.

Competições

Participaram das duas primeiras edições da Competição quatro escolas do município, sendo duas particulares e duas escolas públicas (estaduais), envolvendo mais de trezentos alunos a cada edição. As equipes deveriam entregar as pontes no dia anterior ao da competição à comissão organizadora, para pesagem e medição, com o objetivo de se verificar se atendiam as regras estabelecidas. Além da entrega da ponte, foi solicitada a cada equipe participante a entrega dos cálculos relativos a ponte construída.



Figura 6. Site das Competições (www.upf.br/espaguetes)

O ensaio das pontes consistiu na aplicação de um suporte no centro da estrutura, ao qual um membro da equipe adicionava pesos (anilhas) entre um e cinco quilos, até o colapso da ponte. As três equipes de cada escola que obtiveram as maiores cargas foram classificadas para a etapa final. A Figura 7 apresenta uma foto tirada durante a competição interna em uma das escolas.



Figura 7. Competição interna em uma das escolas participantes

A etapa final de cada Competição, realizada no Centro de Eventos da UPF, foi aberta ao público interessado, e contou com ampla cobertura da imprensa regional.

A Figura 8 apresenta o ensaio de ruptura da ponte vencedora da etapa final da Competição de 2009. Esta estrutura suportou 73,5 kgf (735 N).

A Figura 9 apresenta as três pontes e equipes que obtiveram as melhores colocações na edição 2009 do projeto. Na Figura 10, as mesmas equipes, juntamente com seus professores, recebendo a premiação.



Figura 8. Ensaio de ruptura da ponte vencedora da competição de 2009.



Figura 9. Equipes vencedoras da Competição de Pontes de espaguete do Ensino Médio de Passo Fundo, edição 2009 (primeiro, segundo e terceiro lugares, respectivamente).



Figura 10. Premiação das equipes vencedoras juntamente com os professores, edição 2009.

Avaliação da atividade

Durante as competições internas de cada escola foram distribuídos questionários aos alunos das equipes participantes. Além de três perguntas, acompanhadas de três alternativas de resposta para cada uma, os alunos foram incentivados a efetuar sugestões e comentários relativos a atividade. As figuras 11 a 13 apresentam as perguntas feitas aos alunos e gráficos com o percentual médio de respostas atribuído a cada alternativa na edição de 2010.

As tabelas 1 a 3 apresentam os mesmos resultados das figuras anteriores, porém de forma individualizada para cada escola.

Apesar dos resultados médios terem sido satisfatórios, no que diz respeito especialmente ao conhecimento adquirido e ao interesse despertado, o percentual de respostas favoráveis foi bastante variável de uma escola para outra. Pelo que foi constatado pela equipe organizadora, o sucesso do projeto em cada escola esteve diretamente relacionado ao grau de envolvimento de seus professores e coordenação pedagógica, bem como da disposição destes em alterar sua programação inicial de aulas para a inclusão das atividades relacionadas ao projeto. De forma geral, os melhores resultados, do ponto de vista de percepção de aprendizado e interesse, foram obtidos nas escolas públicas (escolas C e D). Cabe ainda observar que, mesmo nas escolas nas quais o resultado final ficou aquém do esperado, é clara a percepção de grande parte dos alunos acerca da importância do desenvolvimento de atividades da natureza do projeto proposto.

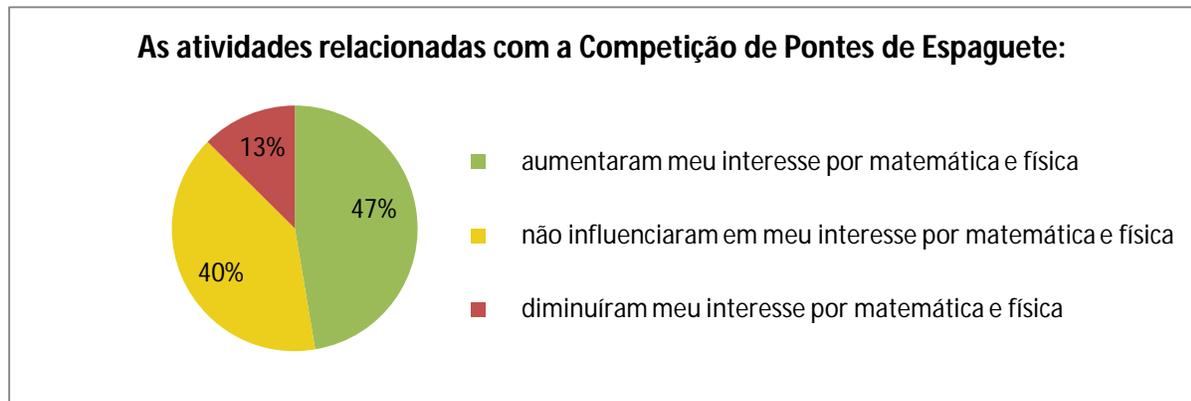


Figura 11. Pergunta 1 e percentual médio de respostas (edição 2010)

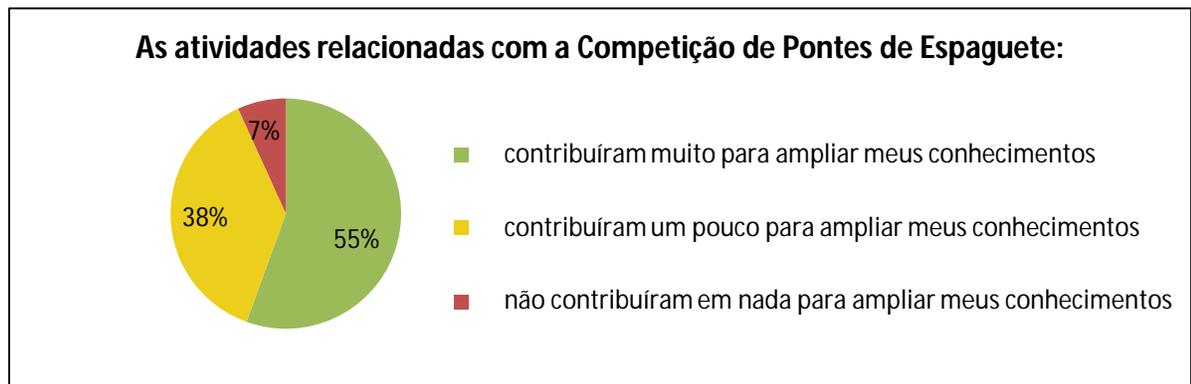


Figura 12. Pergunta 2 e percentual médio de respostas (edição 2010)

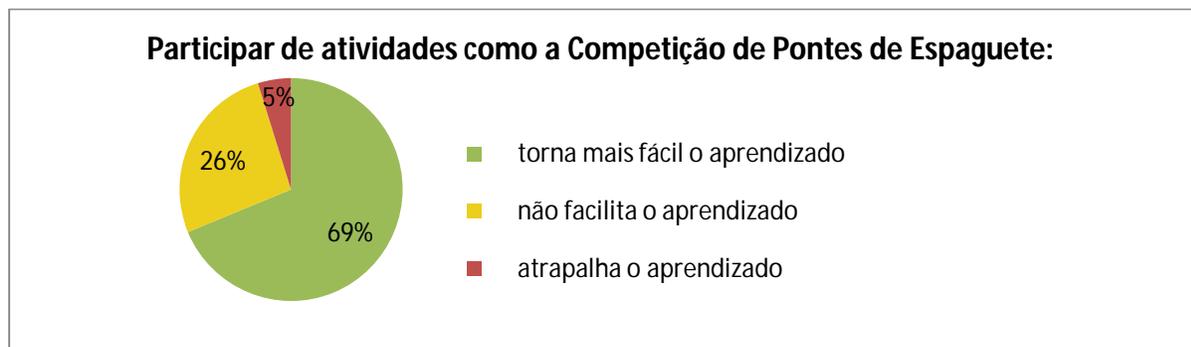


Figura 13. Pergunta 3 e percentual médio de respostas (edição 2010)

As figuras 11,12 e 13 sintetizaram os resultados obtidos no ano de 2010. Nas figuras 14 a 16 são apresentados comparativos das duas edições do projeto, correspondentes às médias gerais. As médias por escola também pouco diferiram de um ano para outro.

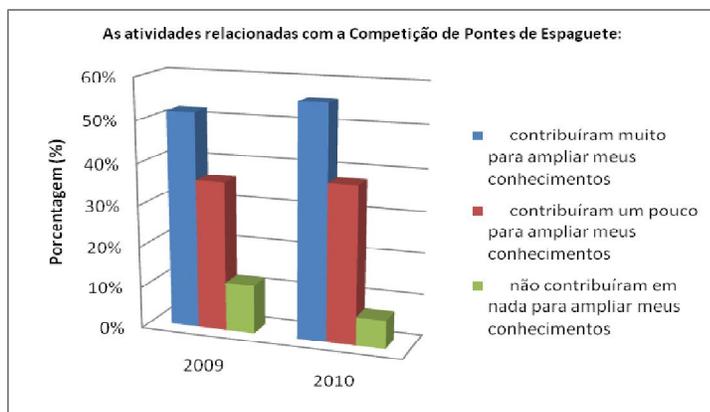


Figura 14. Média de respostas para a pergunta 1 (comparativo 2009-2010)

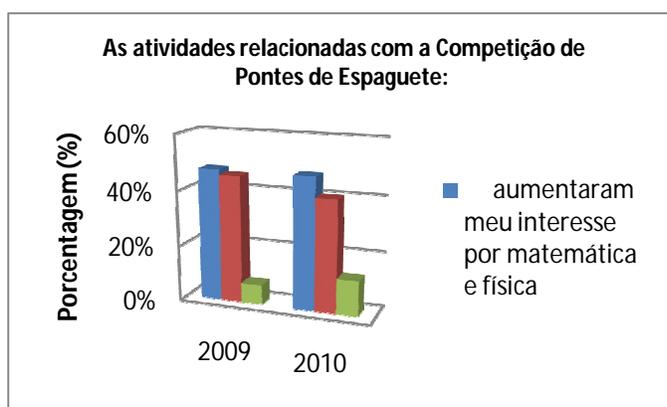


Figura 15. Média de respostas para a pergunta 2 (comparativo 2009-2010)

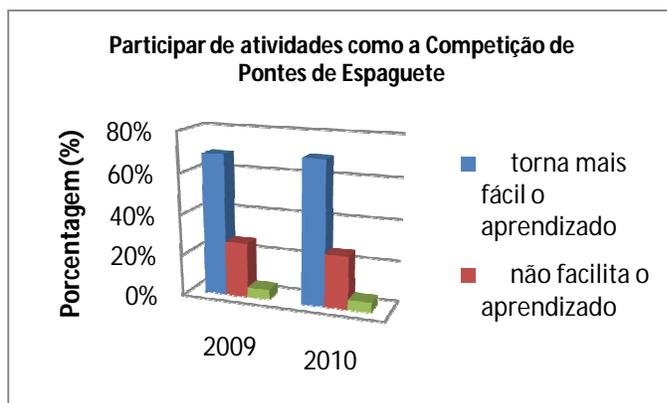


Figura 16. Média de respostas para a pergunta 3 (comparativo 2009-2010)

Conclusões e considerações finais

Acredita-se que o presente projeto foi muito bem aceito pelas escolas, tanto públicas como particulares. Foi possível constatar que os professores envolvidos realmente acreditam que o desenvolvimento deste trabalho oportuniza aos seus alunos um conhecimento muito mais rico em significados, possibilitando relacionar a teoria e a prática, através de uma atividade interessante e lúdica.

A atividade proposta possibilita integração entre ensino, pesquisa e extensão, através do desenvolvimento do projeto estrutural inicial e de sua construção prática. Seu desenvolvimento enriquece tanto o conhecimento do professor do ensino médio, que consegue atribuir significados reais a conceitos muito abstratos, bem como de seu aluno, que entende a relação entre os conceitos teóricos necessários em uma aplicação prática.

Nos primeiros anos de desenvolvimento da atividade optou-se por envolver um número reduzido de escolas. Acredita-se que nas próximas edições a competição poderá abranger um número maior tanto de escolas como de participantes, devido à experiência adquirida e parcerias que foram estabelecidas com professores, coordenadores pedagógicos e diretores. Atualmente o projeto encontra-se em fase de reformulação, com o intuito de tornar mais efetivo o aproveitamento dos alunos envolvidos.

Referências bibliográficas

- Bassanezzi, C. R. (2002). *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo:Contexto.
- Bienbengut, M. S. (1999). *Modelagem Matemática & implicações no ensino-aprendizagem da matemática*. Blumenau: Ed. Da Furb.
- Burak, D. (1987). *Modelagem matemática: uma metodologia alternativa para o ensino de matemática na 5ª série*. Dissertação (mestrado). Rio Claro, São Paulo.
- Giorgetti, M. F. ; Windlin, Fernando L ; Petroni, Carlos E G ; Streck Neto, Richard . Design Contest, an Educational Alternative. In: *Frontiers in Education Conference 2005*, 2005, Indianapolis. *Proceedings: Frontiers in Education Conference 2005*. Pittsburgh : University of Pittsburgh, 2005. v. 1
- González, L. A. S.; Morsch, I. B.; Masuero J. R. (2005). Didactic Games in Engineering Teaching - Case: Spaghetti Bridges Design and Building Contest. Ouro Preto: *18th International Congress of Mechanical Engineering, 2005*. Disponível em: <<http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/arquivos/COBEM2005-1756.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2007.
- Kripka, M. ; Dias, M.M. ; Medeiros, G.F. (2008) . *Otimização de Geometria e de Seção em Treliças: Validação Experimental com o Emprego de Estruturas de Espaguete*. Educação & Tecnologia, v. 13, p. 62-68.
- Kripka, R. M. L. ; Kripka,M. ; Perez, C. A. S. ; Pravia, Z. M. C. ; Medeiros, G. F. ; Tisot, G. D. D. ; Luft, C. ; Fabeane, R. (2010). Competições de Pontes de Espaguete no ensino médio: uma estratégia pedagógica para o ensino de matemática e física. In: *III Jornada Nacional de Educação Matemática e XVI Jornada Regional de Educação Matemática: Tendências, Desafios e Perspectivas, 2010*, Passo Fundo. *Anais da III Jornada Nacional de Educação Matemática e XVI Jornada Regional de Educação Matemática: Tendências, Desafios e Perspectivas*.
- Pravia, Z.M.C.; Kripka, M.; Mesacasa Jr, E.C.; Medeiros, G.F.; Stumpf, D.D.; Dias, M.M. (2008). *Competição para Ensino e Extensão: o caso da Competição de Pontes de Espaguete da Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo*, São Paulo: *Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*.