

## TRABALHANDO CONCEITOS DE FÍSICA COM ESTRUTURAS DE LEGO®: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Andréa Cantarelli Morales – [acmorales.morales@gmail.com](mailto:acmorales.morales@gmail.com)

Patrícia Giacomelli – [pati\\_giacomelli@yahoo.de](mailto:pati_giacomelli@yahoo.de)

Universidade de Caxias do Sul

Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130

95070-560 – Caxias do Sul – RS

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo apresentar um relato de experiência na qual se propôs a montagem de uma ponte com estrutura LEGO® para estudantes do ensino médio em duas escolas públicas. Primeiramente foi proposta a atividade da construção de uma ponte fornecendo um roteiro com dimensões externas da estrutura e necessidade de otimização de peças, deixando fluir a criatividade de cada grupo. Ao final da construção era realizado um teste com um peso referente a uma massa de 2 kg para verificação da estrutura da ponte. Na primeira montagem os alunos vincularam robustez com quantidade de peças, utilizando mais as peças tradicionais do LEGO®, talvez por sua familiarização com as mesmas. Após os testes muitas pontes tiveram suas estruturas comprometidas, assim as professoras apresentaram o conceito de treliça, que possibilita uma boa sustentabilidade com pequena quantidade de peças. Assim foi proposta uma remontagem sendo que as novas pontes estavam bem diferentes, com uma grande otimização de peças e uma ótima rigidez na estrutura.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Ativa. Robótica Educacional. Ensino de Física.

### 1 INTRODUÇÃO

Conforme pesquisas recentes, o ensino de ciências pode se tornar mais atrativo e proporcionar uma maior motivação nos estudantes se for mesclada por atividades práticas, além das aulas teóricas e da resolução de exercícios (LIMA *et al*, 2016, BASSOLI, 2014, CARVALHO, 2013). Muitas atividades práticas, dependendo do modo como são desenvolvidas, podem ser consideradas uma inovação no ensino. As práticas, quando bem elaboradas, desenvolvem nos estudantes habilidades de observação e criticidade, que busca desenvolver um raciocínio lógico. A motivação se dá, na maioria dos estudantes, por compreender que o conhecimento em ciências fica mais simplificado em consequência de realizar na prática um conhecimento científico, conforme o foi quando descoberto. Por esses motivos, as práticas experimentais no ensino de Ciências são tão importantes para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem.

Uma das maiores dificuldades das escolas públicas é tornar atrativo o ensino na área das exatas, na qual os estudantes possam desenvolver essas atividades práticas voltadas ao ensino de física e matemática, por exemplo (ANDRADE e MASSBNI, 2011). Uma grande maioria dos professores concorda que o ensino de Ciências deve incentivar a experimentação, a pesquisa e o pensamento científico (OLIVEIRA *et al*, 2014), porém sem muitos recursos físicos fica restrito o desenvolvimento de atividades que propiciem práticas.

Assim, visando promover atividades práticas do ensino de Ciências em escolas públicas, professores de uma Universidade do Rio Grande do Sul desenvolveram um projeto de extensão com o objetivo de levar, não só a robótica educacional, mas também práticas simples que relacionam conceitos de física ou matemática estudados no ensino médio.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Abaixo estão descritos os referenciais que norteiam este trabalho, tanto no âmbito da aprendizagem quanto no domínio dos conceitos científicos desenvolvidos com os estudantes sobre os conteúdos abordados.

### 2.1 Aprendizagem ativa

Iniciamos nos perguntando: o que é aprender? Piaget (1976) dizia que o sujeito aprende através da interação com o objeto, na qual observando o objeto modifica a si mesmo. Paulo Freire (2002) enunciava que ensinar não é transmitir nada a ninguém, que a aprendizagem ocorre pela transformação do próprio sujeito, ao se modificar. Becker (2001) nos apresenta em uma nova concepção de ensino que a aprendizagem está voltada à ação que “a fonte da aprendizagem é a ação do sujeito; o indivíduo aprende, pois, por força das ações que ele mesmo pratica: ações que buscam êxito e ações que, a partir do êxito obtido, buscam a verdade ao apropriar-se das ações que obtiveram êxito”.

Alicerçado nestes conceitos buscou-se uma metodologia conhecida por aprendizagem ativa que tem sua fundamentação principal na proposta do estudante ser o ator principal no seu processo de aprendizagem. A aprendizagem ativa busca aumentar a participação do estudante, promover diferentes processos de aprendizagem, estimular a autonomia e desenvolver a crítica (BACICH, MORAN, 2018). Ao se trabalhar com aprendizagens ativas, normalmente as mesmas ocorrem com atividades em grupo, principalmente em se tratando do ensino de ciências. Para que uma aprendizagem ativa desempenhe a função desejada, a mesma deve ser elaborada de forma a atender algumas premissas como: a) aprendizagem ativa com significado no contexto do conteúdo trabalhado; b) aprendizagem ativa que estimule o engajamento dos estudantes; c) atividades que desenvolvam a criatividade; d) atividades que o estudante pode de atuar de forma ativa; e) atividades que incentivem o estudante a se posicionar de forma crítica.

A aprendizagem ativa propicia o trabalho em grupo, estimulando o convívio social, que requer uma orientação no que se refere à organização do grupo e das atividades que precisam ser desenvolvidas. Outro estímulo requerido no trabalho em grupo concerne à comunicação e o respeito entre os integrantes do grupo. Estas questões facultam incremento de outras habilidades no campo social que estão relacionadas ao autodesenvolvimento, a responsabilidade e a disciplina.

### 2.2 Conceitos físicos: Leis de Newton

As leis de Newton foram estabelecidas por Isaac Newton e são conhecidas como o fundamento da mecânica clássica (SEARS et al., 2015).

#### *1ª Lei de Newton: Lei da inércia*

A primeira lei de Newton afirma que todo corpo permanece em seu estado de repouso, ou movimento uniforme em linha reta, a menos que uma ou mais forças aplicadas a ele o obriguem a mudar esse estado.

### 2ª Lei de Newton: Princípio fundamental da dinâmica

A segunda lei de Newton determina que a mudança de movimento de um corpo é proporcional à força motora aplicada a ele, sendo produzida na direção dessa força. Essa lei define a força como uma grandeza vetorial, e que a aceleração de um corpo é proporcional à força que a produziu, tendo a mesma direção e sentido, sendo dependente da massa, como mostra a Equação (1):

$$\vec{F} = m \times \vec{a} \quad (1)$$

### 3ª Lei de Newton: Lei da Ação e Reação

A terceira lei de Newton explica que para toda ação existe sempre uma reação de igual intensidade e mesma direção, mas de sentidos opostos.

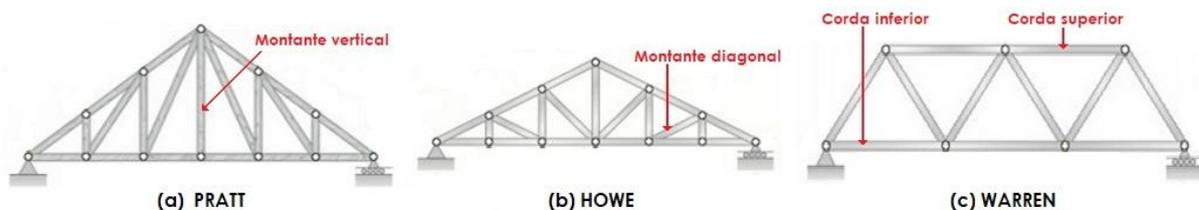
## 2.3 Conceitos estruturais: Treliças

As treliças são estruturas formadas por barras ou hastes, as quais são ligadas por suas extremidades (nós ou articulações), formando uma configuração geométrica de base triangular, estável, com o objetivo de oferecer resistência a uma determinada força. São constituídas basicamente por quatro elementos: corda superior (que pode ser reta – utilizada em apoio de piso ou pontes – ou inclinada – utilizada em coberturas), corda inferior e montantes verticais e diagonais.

Teoricamente, um sistema de treliças encontra-se submetido apenas a esforços axiais de tração e compressão. Na realidade, a estrutura deve ser bem dimensionada, para que a carga seja aplicada nos nós e a treliça fique sujeita a uma quantidade muito pequena de flexão, cisalhamento e torção (de acordo com a sua configuração), apresentando um bom desempenho.

As treliças são reconhecidas por serem sistemas práticos, econômicos e altamente eficientes em diversas situações. Sua principal vantagem é a capacidade de sustentar grandes cargas, quando comparadas ao seu próprio peso. De acordo com sua forma geométrica recebem nomes específicos, sendo as mais comuns mostradas na Figura 1: a) treliça Pratt, implementada com montantes diagonais inclinados em direção ao centro do vão, de forma que as barras diagonais suportem esforços de tração e as verticais suportem a compressão; b) treliça Howe, cuja montagem se dá de forma oposta a Pratt, sendo os montantes diagonais comprimidos e os verticais tracionados; c) treliça Warren, construída, em geral, sem o uso de montantes verticais, sendo utilizada em caso de pequenos vãos (se a distância entre os nós for muito grande, montantes verticais podem ser adicionados) (PFEIL, PFEIL, 2009).

Figura 1 – Tipos mais comuns de treliças.



Fonte: Adaptado de BEER et al., 2012.

### 3 MATERIAIS E METODOLOGIA

Neste tópico serão abordados os materiais que foram utilizados no desenvolvimento do protótipo e a metodologia utilizada nas oficinas nas escolas.

#### 3.1 Materiais

Para o desenvolvimento das atividades descritas, optou-se pela utilização das peças disponibilizadas pelo kit de Robótica Educacional LEGO® Mindstorms RCX. A escolha por um kit comercial, inicialmente, deu-se por comodidade, uma vez que a Universidade já dispunha de 10 conjuntos deste modelo.

A versão RCX do LEGO® Mindstorms é a mais antiga de todas, tendo sido lançada no final da década de 90. Ela difere das versões que a sucederam (NXT e EV3, respectivamente) não só pelas características de seu controlador, sensores e atuadores, mas também pela disponibilidade de uma maior variedade de tipos de peças, o que se mostrou vantajoso em muitas atividades.

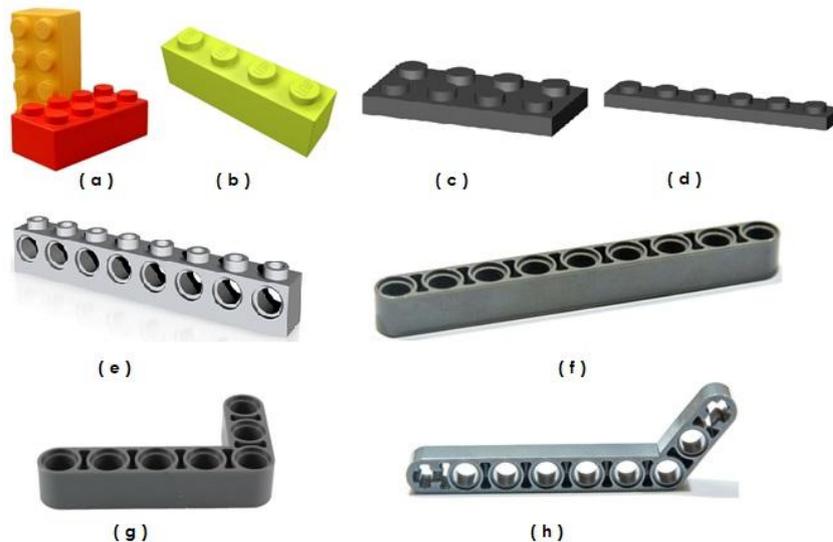
#### 3.2 Metodologia

Ao se adquirir um kit comercial de Robótica, muitas vezes se recebe algumas instruções, por vezes chamadas de solução educacional, com sugestões de projetos que apresentam o procedimento de montagem de um protótipo passo a passo. Esse não era um dos objetivos da oficina, que visava não somente correlacionar conceitos físicos, mas também estimular a criatividade dos participantes.

Assim, inicialmente os alunos (divididos em equipes de três ou quatro integrantes, de acordo com o tamanho da turma) recebiam um roteiro com algumas especificações acerca do problema. No caso da atividade proposta, esse material contextualizava apenas a necessidade de se construir uma ponte com determinadas dimensões e características, sendo a montagem livre. As dimensões compreendiam valores mínimos e máximos para o comprimento, largura e altura da ponte, assim como o distanciamento entre seus pilares de sustentação. Uma característica marcante das peças LEGO® são seus pinos, que possuem dimensões e espaçamentos correlacionados com as dimensões de todos os blocos. Essa particularidade é por vezes explorada no ensino da Matemática. Por essa razão, optou-se por determinar o tamanho das estruturas em termos de pinos e não de uma unidade métrica, o que acabou por facilitar a conferência das medidas por parte dos alunos. Também era ressaltado no roteiro que a ponte deveria suportar o peso de um objeto de 2 kg de massa (carga distribuída) e que um aspecto muito importante era a otimização das peças.

Como citado anteriormente, o conjunto de peças utilizado nas montagens era composto por uma grande variedade de peças (de tipos e tamanhos diferentes), sendo algumas delas mostradas na Figura 2. O kit LEGO® Mindstorms RCX compreende peças clássicas como tijolos ou *bricks* (que podem ser duplos – Figura 2.a – ou simples – Figura 2.b), pranchas ou *plates* (os quais também possuem formato duplo – Figura 2.c – ou simples – Figura 2.d), vigas ou *beams* (que podem ser baseados nos tijolos simples – Figura 2.e –, ter estrutura própria reta – Figura 2.f – ou angular – Figuras 2.g e 2.h), além de fixadores, conectores, eixos, rodas e engrenagens, entre outros. As versões NXT e EV3, são constituídas em sua grande maioria por vigas, possuindo quase nenhum (ou nenhum) bloco clássico. Esse fato poderia vir a servir como uma dica para o tipo de estrutura a ser utilizado, mas no caso do conjunto RCX, a montagem de treliças não é tão evidente.

Figura 2 – Peças disponíveis para montagem.



Fonte: Adaptado de Isogawa (2011)

Na etapa seguinte, iniciavam-se as primeiras montagens. Percebeu-se que a maioria dos grupos optou por utilizar os blocos clássicos, talvez devido à familiaridade com esse tipo de peça, elaborando estruturas robustas. Quase todos os alunos, eufóricos e ansiosos pela montagem, ao terem o primeiro contato com essa atividade, relacionaram a capacidade de sustentação e resistência da estrutura com uma grande dimensão e quantidade de “material” para a construção dos pilares. Os grupos que se preocuparam com a otimização de peças, montaram estruturas ocas, ou com peças de tamanhos diferentes intercalados, como pode ser observado no exemplo da Figura 3.

Figura 3 – Exemplo de estrutura montada inicialmente.



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Terminadas as montagens, passava-se para a primeira etapa de testes. Muitas estruturas, quando submetidas ao peso especificado, se romperam ou tiveram danos significativos, e aquelas que conseguiram suportar fizeram uso de muitas peças. Poucas observaram os critérios definidos no roteiro de otimização de peças.

Após os resultados dos testes, iniciava-se a etapa de correlação entre a atividade proposta e a Física. Na sequência era realizada uma nova montagem observando-se o critério de otimização de peças

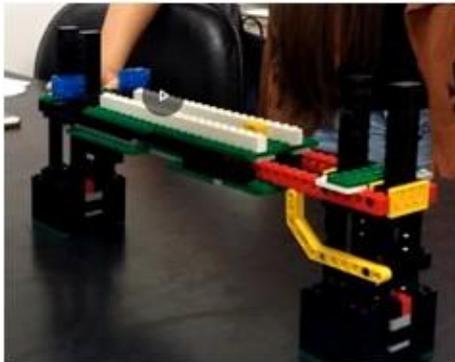
#### 4 RESULTADOS

Abaixo estão descritas as atividades realizadas nas escolas conforme as oficinas desenvolvidas. Em todas as escolas as atividades foram organizadas no período oposto às aulas, não sendo obrigatório a presença dos estudantes, por esse motivo todos os envolvidos nas oficinas eram voluntários.

##### 4.1 Escola 1

Na escola 1 as atividades foram desenvolvidas com estudantes do terceiro e segundo ano do ensino médio, sendo os grupos formados por 3 ou 4 estudantes. As pontes construídas podem ser visualizadas na Figura 4.

Figura 4 – Pontes da Escola 1



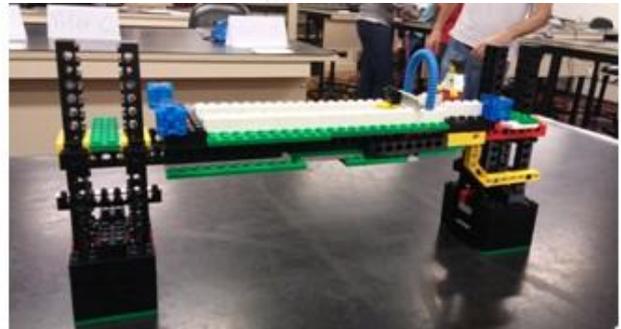
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Acervo pessoal dos autores.

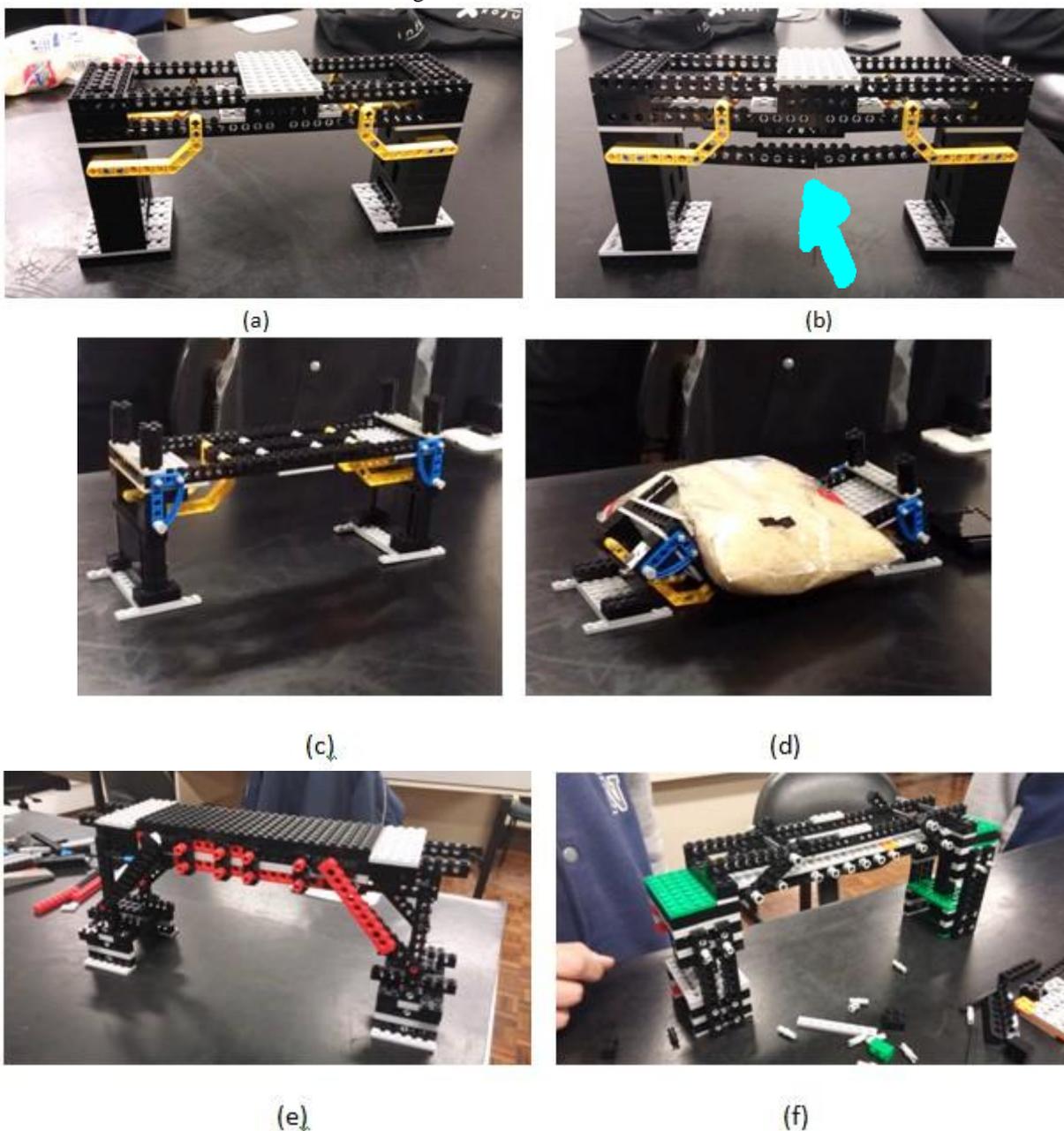
Pode-se visualizar que, conforme mencionado anteriormente, na montagem inicial a grande maioria dos grupos montou as estruturas de forma robusta, com grande quantidade de

peças. Neste caso somente um dos grupos pensou na otimização de peças (Figura 4c), que era um dos elementos especificados no roteiro. Porém, de todos os grupos formados nenhuma das pontes teve maior dano quando submetida ao teste de peso.

#### 4.2 Escola 2

Na escola 2 as atividades também foram desenvolvidas com estudantes do terceiro e segundo ano do ensino médio e os grupos, formados por 3 ou 4 estudantes. As pontes construídas podem ser visualizadas na Figura 5.

Figura 5 – Pontes da Escola 2



Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Na Figura 5a podemos visualizar a ponte de um grupo antes do teste. Observamos que os pilares foram montados com peças tradicionais de LEGO demonstrando robustez. Ao ser submetida ao teste de peso a estrutura foi danificada na parte inferior central da ponte (Figura

5b). As Figuras 5c e 5d também são da mesma ponte, antes e depois do teste respectivamente. Observa-se que como ela estava muito fragilizada em sua área central, a mesma acabou cedendo e danificando inclusive as bases da mesma. Já com as montagens realizadas utilizando conceitos de treliça, apresentadas nas Figuras 5e e 5f, não ocorreu nenhum dano após o teste de peso.

### 4.3 Orientações

Após a etapa das montagens livres e dos primeiros testes realizados, através de um bate papo, verificava-se o conhecimento prévio dos alunos, acerca dos conceitos envolvidos na construção de uma ponte. Em todas as turmas em que a atividade foi aplicada, as primeiras ideias que surgiram falavam de resistência e de estabilidade. A sequência natural das conversas levou os alunos a concluir que o principal conceito físico relacionado com a estrutura implementada era a força, uma vez que a ponte necessitava suportar um determinado peso. Por alguns instantes, foi estimulada a troca de conhecimentos entre os estudantes, que foram capazes de relacionar a força tanto com a inércia, quanto com a Lei da Ação e Reação.

Foram abordadas as características da grandeza física, ressaltando a importância de descrevê-la em termos de intensidade, direção e sentido. Embora outros conceitos tenham sido citados em algumas turmas (como centro de massa, por exemplo), manteve-se o foco sobre a força e as Leis de Newton. Ao identificar que o peso utilizado nos testes nada mais é do que uma força gravitacional, que a compressão que o objeto utilizado nos testes imprimia à estrutura é outro tipo de força (que, nesse caso, depende do próprio peso) é a razão de muitas montagens se romperem, foi possível abordar as três Leis de Newton e realizar uma relação entre elas e a construção elaborada por cada grupo.

Nesse momento foi feita a proposta uma nova montagem das pontes, a qual, usando poucas peças, realmente suportasse o peso determinado. Isso permitiu questionar os grupos sobre como as estruturas no mundo real podem sustentar sua própria massa e a de outros corpos. Em geral, todas as turmas foram capazes de identificar que esse fato se deve à forma construtiva empregada, mas não conseguiram identificar um tipo específico de estrutura. Assim, partiu das professoras a iniciativa de apresentar a treliça. Utilizando quadro branco e a projeção de algumas imagens de treliças retiradas de livros e da Internet, apresentaram-se algumas noções básicas (como as apresentadas na seção 2.3) sobre o funcionamento de uma treliça. Através dessa breve explicação, os alunos puderam citar outras construções onde se utilizam esse tipo de estrutura além das pontes, tais como torres de transmissão de energia e telhados. E assim, realizar novas montagens de pontes, como mostrado na Figura 4c.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Optou-se por propor o método de aprendizagem ativa para as atividades de robótica, sem receitas prontas na montagem das estruturas para que os estudantes fossem os protagonistas do seu próprio aprendizado. Assim quando o grupo errou conseguiu identificar os problemas que ocorreram na montagem e resolvê-los na remontagem, inclusive com reforços pelo novo conhecimento que tiveram sobre treliças.

Com este experimento uma das primeiras observações tem relação direta com o número de estudantes participando das atividades. Como a atividade era realizada no turno contrário ao da escola, nem todos os alunos podiam participar. Porém as escolas também identificaram uma falta de interesse pela grande maioria dos estudantes, já que a atividade não valia nota. Assim é possível perceber a falta de motivação nos estudantes mesmo em se tratando de

atividades lúdicas, que possam contribuir para o seu aprendizado. Porém os estudantes que compareceram puderam além de “brincar”, relacionar suas montagens com conceitos de Física que eles estavam estudando.

Esta proposta de atividade difere das de robótica usuais, as quais possuem receitas prontas de montagem, limitando o estudante a realizar a construção conforme o protótipo. A nossa proposta de atividade apresenta somente critérios externos de construção como dimensionamento, número de rodas e espera para sensores, se necessário. Desse modo incentivamos o raciocínio de construção das estruturas, além de deixar livre a criatividade de cada grupo.

Nem todos os grupos consideraram os requisitos do roteiro, principalmente o que envolvia otimização de peças. Após ser apresentada a ideia de treliça e relacionada com o conceito de força, todos os grupos desenvolveram pontes extremamente mais resistentes do que as anteriores, com uma quantidade bem menor de peças. Isso pode ser percebido principalmente nos projetos que sucederam as pontes, nas mesmas escolas elencadas, os quais foram projetos que envolviam robótica com movimentação, além da montagem das estruturas, que ficaram bem mais rígidas.

### *Agradecimentos*

Participação da bolsa PROSUC/CAPES modalidade II.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Marcelo Leandro Feitosa de; MASSABNI, Vânia Galindo. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de Ciências. *Revista Ciência & Educação*, v.17, n.4, p.835-854, 2011.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BASSOLI, Fernanda. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de Ciência(s) mitos, tendências e distorções. *Revista Ciência & Educação*, v.20, n.3, p.579-593, 2014.

BECKER, Fernando. Nova Aprendizagem, novo ensino. **Anais do XVIII Encontro Nacional de Professores do PROEPRE**. Campinas, São Paulo, UNICAMP-FE-LPG, 2001.

BEER, Ferdinand Pierre; JOHNSTON JR., Elwood Russell; CORNWELL, Phillip J. **Mecânica vetorial para engenheiros**. 9. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2012. 2 v.

CARVALHO, Adriano Vieira de. A modernidade, o ensino de Ciências e a geração NET. A experimentação como estratégia motivacional. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v.8, n.1, p.36-53, 2013.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática de liberdade**. 26° Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

ISOGAWA, Yoshihito. **The LEGO Technic Idea book**. San Francisco, 2011.

LIMA, Gabriel Henrique de, *et al.* O uso de atividades práticas no ensino de Ciências em escolas públicas do município de Vitória de Santo Antão – PE. **Revista Ciência em Extensão**, v.12, n.1, p.19-27, 2016.

OLIVEIRA, Ana Paulo Fantinati Menegon *et al.* Definindo objetivos prioritários do ensino de Ciências: a percepção dos docentes. **Revista Contemporânea de Educação**, v.9, n.17, p.136-153, 2014.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle Schubert. **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PIAGET, Jean. **Ensaio de lógica operatória**. Porto Alegre: Globo, 1976.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I: mecânica**. São Paulo, SP: Pearson, 2015.

## WORKING PHYSICS CONCEPTS WITH LEGO® STRUCTURES: AN EXPERIENCE REPORT

**Abstract:** *This work presents an experience report in which it was proposed the assembly of a bridge with LEGO® structure for high school students in two public schools. Firstly, the activity of constructing a bridge was proposed, providing a script with external dimensions of the structure and the need for optimization of pieces, letting the creativity of each group flow. At the end of the construction a test was carried out with a weight referring to a mass of 2 kg to verify the structure of the bridge. In the first assembly the students linked robustness with quantity of pieces, using more traditional pieces of LEGO®, perhaps for their familiarity with them. After the tests many bridges had their structures compromised, so the teachers presented the concept of framework, which allows a good sustainability with few pieces. Thus a reassembly was proposed and the new bridges were very different, with a great optimization of parts and an excellent rigidity in the structure.*

**Key-words:** *Active Learning. Educational Robotics. Physics Teaching.*