



# PROTÓTIPO DE CONCRETO FLEXIVEL COM POTENCIAL ELÉTRICO

Gabrielly Souza Chagas<sup>1</sup>, Dayani L. S. Rabello<sup>2</sup>, Júlio Ricardo de Faria Fiess<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá-PR. Bolsista PIBITI/CNPq-UniCesumar. gabrielly.souzachagas@hotmail.com

<sup>2</sup>Acadêmica Egressa do Curso de Engenharia Civil, UNICESUMAR

<sup>3</sup>Orientador, Coordenador do Curso de Engenharia Civil, UNICESUMAR

## RESUMO

Esta pesquisa tem por fim a criação de um protótipo de concreto flexível, que com a implantação de sensores piezoelétricos (PZT) seja possível a geração de energia elétrica proporcionada pela deformação deste material especial. A pesquisa será bibliográfica, tendo como aporte teórico autores como Sá (2009), Anton e Sodano (2007), Bauer (2013) entre outros. A criação do protótipo de cimento flexível será baseada nos estudos de diversos pesquisadores e conforme os resultados obtidos no experimento a coleta de dados dar-se-á de maneira específica para cada material e suas respectivas funções e especificidades. Além disso, a partir dos dados resultantes do experimento serão verificadas as condições do material formado, relevando as propriedades ideais do bom concreto. Com isso, enseja-se a criação de um protótipo de concreto flexível que seja passível à deformação, para que com a implantação do material piezoelétrico, a energia gerada sob pressão mecânica responda como fonte possível de conversão em energia elétrica. Conforme testes realizados no laboratório da Unicesumar, obteve-se que o módulo de elasticidade é maior no protótipo com adição de isopor granulado, tendo como as propriedades ideais para um concreto mais flexível que seja mais adequado a implantação do material piezoelétrico. Conforme os dados obtidos da realização dos experimentos com adição de isopor, borracha e plástico, não se obteve um módulo de elasticidade maior que o encontrado nos concretos tradicionais, uma vez que a variação obtida se apresentou muito pequena em relação àquela necessária para deformar o concreto a ponto de se conseguir energia piezoelétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Colheita de energia; Energia alternativa; Piezoelétricidade; Protótipo flexível; Sustentabilidade.

## 1 INTRODUÇÃO

Diante da relação de dependência do homem com os meios de energias não renováveis, torna-se crescente o aumento no interesse por fontes de energias alternativas e sustentáveis. Apenas nesta última década, vários pesquisadores se voltaram às áreas de energias renováveis, cujo objetivo é a conversão da energia contida no ambiente em energia elétrica. Tendo em vista tais métodos, uma fonte alternativa e ainda pouco conhecida ou utilizada é a energia piezoelétrica. A piezoelétricidade é advinda do impacto de forças em certos materiais, os quais possuem propriedades em liberar elétrons em resposta à pressão mecânica. Os benefícios desta fonte de energia incentivaram empresas estrangeiras a fabricarem um “piso” gerador de energia (cerâmica), enriquecido com nanomateriais piezoelétricos.

No entanto, para ser piezoelétrico é preciso que haja polarização, fazendo com que uma pequena deformação altere o volume da estrutura – o que faz com que os elétrons sejam expulsos. Ocorre que a cerâmica empregada no produto (Titanato Zirconato de Chumbo) precisa se deformar com pressão mecânica e ser capaz de voltar ao seu estado



inicial, uma vez cessado o estímulo (nesse momento que se gera a energia) o material vai perdendo maleabilidade.

Com o intuito de otimizar a fabricação de PZT, pesquisadores da Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, (UNESP) desenvolveram sensores de PZT com polímeros para atuarem em compósitos mais flexíveis que a cerâmica, cuja aplicação aumentaria a durabilidade do material, já que a cerâmica com o tempo vai perdendo a flexibilidade. Dessa forma se pode usar menos PZT para obter o mesmo efeito, o que diminui o custo da tecnologia. Tendo em vista a necessidade de um material flexível e sujeito a deformações constantes, o pesquisador Fabrício Gomes de Sá, da Universidade Federal de Itajubá, agregou sensores de PZT ao cimento Portland conseguindo obter, ainda que pouco, sinais de piezoelectricidade com este composto.

Segundo Gonçalves (2011), as diversas formas de energias contidas no ambiente, expressadas por meio de vibrações, ventos, força gravitacional, combustão e etc., podem ser transformadas em energia elétrica, porém a cada pesquisa ou investigação de determinado problema surge novas descobertas para a ciência. Dessa forma que em 1921, o francês Paul Langevin aplicou, pela primeira vez, um elemento piezoelétrico para o desenvolvimento de um sonar, mas foi Roberts Shepard que marcou o início da geração das piezocerâmicas (LEITH et al., 1962), sendo as primeiras aplicações de uma energia obtida por meio da deformação da cerâmica. A partir disso, os avanços na área de dispositivos eletrônicos tem sido um estimulante à micro e nanotecnologia. A conversão da energia perdida de um sistema em energia elétrica, conhecida como (Energy Harvesting), adquire destaque, pois materiais como os piezoelétricos possuem capacidade de gerar eletricidade conforme a deformação do material (ANTON, SODANO, 2007).

Nas décadas de 40 e 50, o fomento tecnológico no pós-guerra fez com que as cerâmicas piezoelétricas de Titanato de Bário fossem aperfeiçoadas pela então URSS e Japão. No contexto da Guerra Fria, logo os EUA fabricou as primeiras cerâmicas piezoelétricas com Titanato Zirconato de Chumbo (PZT). A aplicação da cerâmica é vasta e possui boas características piezoelétricas, cuja revolução da cerâmica resultou num grande produto para o mercado. Vários são os trabalhos realizados a partir dos materiais piezoelétricos (como as cerâmicas), desenvolvidos desde modelos simples, utilizando massa-mola de parâmetros concentrados, até modelos mais elaborados, como modelagem por elementos finitos. O fato é que os materiais piezoelétricos (PZT) possuem propriedades de expulsão dos elétrons quando deformados, momento em que convertem a vibrações mecânicas em uma forma utilizável de energia elétrica.

O problema da cerâmica concentra-se em sua fragilidade, condição que a limita a certas deformações. Com isso, os pesquisadores da UNESP Walter Katsumi Sakamoto e Maria Aparecida Zaghete Bertochi desenvolveram sensores de PZT nanométricos que pode ser utilizado em condições mais severas, não precisando necessariamente estar exposto na superfície do solo como nas cerâmicas (CHRISTANTE, 2010, p. 42-43). Assim, quanto maior a massa sobre os sensores maior será a energia emitida por eles, porém esta colheita de energia deve ser consumida de maneira imediata já que não há conservação de energia neste caso.

Conforme Sá é possível à geração de energia advinda da deformação do cimento Portland (SÁ, 2009). Com base nos resultados obtidos por Sá, a incorporação do PZT no cimento provocou um aumento do coeficiente dielétrico e, apesar da concentração de PZT no compósito não responder de forma adequada, evidenciou-se ser possível à obtenção da piezoelectricidade com este compósito, pois ao ser submetido a uma corrente elétrica alternada e com a deformação mecânica na cela, a densidade eletrônica da cerâmica muda, sendo esta variação transformada em sinal elétrico.



Perante o exposto, em razão da possibilidade de produção de energia elétrica a partir da deformação do cimento composto de sensores de PZT (por meio das vibrações mecânicas das estruturas de concreto), neste trabalho a obtenção de uma pasta de cimento, com material mais flexível agregado com sensores PZT, deve fornecer dados que permitam avaliar as condições necessárias para haver conversibilidade de uma forma de energia não útil para outra forma que seja útil. Dessa forma, sendo preciso tornar o composto de PZT com base em cimento mais flexível, o objetivo deste projeto será a criação de um protótipo que sacie esta necessidade, por meio da aplicação prática e da análise de matérias que consigam fazer do cimento mais flexível, mas sem perder sua função original, baseando-se nos métodos de Falcão Bauer (2015).

O presente projeto se justifica como relevante no âmbito da pesquisa científica porque se propõe a utilizar uma forma de energia alternativa antes desperdiçada, cuja aplicação dar-se-á de maneira sustentável. Tendo em vista a problemática para obtenção da energia piezoelétrica, em função da pouca deformação da cerâmica, faz-se mister a criação de um protótipo de concreto flexível com sensores de PZT, pois as estruturas de concretos estão sujeitas a todo instante a forças externas (velocidade, atrito, movimentos, etc.) proporcionando assim maior deformação e conseqüentemente maior obtenção de energia. O diferencial da energia piezoelétrica está no fato de que está sob os nossos pés, ou seja, o impacto de movimentos sobre o material proporciona a liberação de elétrons sob pressão mecânica. Dessa forma, um compósito de concreto flexível com sensores piezoelétricos significaria um alívio para os recursos não renováveis, pois além de ser uma fonte de energia limpa e sustentável, possui diversas aplicações na construção civil.

O objetivo principal desta pesquisa é criar um protótipo de concreto flexível que quando acoplado com sensores piezoelétricos responda com potencial elétrico, garantindo, assim, que, sob pressão mecânica, haverá expulsão de elétrons e conseqüentemente geração de energia, otimizando o consumo e as fontes de energia existentes. Para isso será analisado, teoricamente, obras científicas acerca do tema, à escolha de materiais flexíveis que não prejudiquem a resistência do concreto em sua utilização, bem como serão avaliados os resultados obtidos da elasticidade dos protótipos elaborados, relevar-se-á ainda os prós e contras no que tange esta forma de energia recente (piezoelétrica).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia se fundamentou nos estudos de Falcão Bauer (Bauer, 2013, p. 11-34), cuja pesquisa teve caráter quantitativo-qualitativo, na medida em que num primeiro momento foi bibliográfica e logo depois se aplicou experimentalmente, os estudos realizados, à criação dos protótipos flexíveis. A metodologia teve como cerne a leitura e o levantamento de obras para revisão bibliográfica, conseqüentemente teve uma abordagem no laboratório para realização dos protótipos, após a análise dos dados obtidos acerca do módulo de elasticidade pela NBR 8522 houve uma sistematização sobre a possibilidade da eletricidade acerca de uma maior geração de energia elétrica.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a ABNT NBR 6118 (2007) o modulo de elasticidade, quando o protótipo estiver sujeito a certo esforço se dará seus estados limites até que ele se rompa. Aplica-



se o disposto desta norma em relação a propriedades como: trabalhabilidade, durabilidade, diagrama tensão-deformação, módulo de deformação longitudinal à compressão, módulo de deformação transversal, coeficiente de Poisson, coeficiente de dilatação térmica, retração e à fluência.

Conforme a NBR 8522 o módulo de elasticidade do concreto é obtido a partir da aplicação de um cálculo estrutural, o qual se relaciona com a tensão aplicada sobre o material, o módulo permite uma ideia do comportamento do concreto, tendo em vista que a resistência à compressão pode significar concreto rígido ou não. Logo, o intuito deste trabalho foi verificar o módulo da elasticidade dos protótipos quando adicionados materiais elásticos como borracha, plástico e isopor, uma vez que a comparação de dados obtidos revele que tais protótipos produzem ou não elasticidade maior que do concreto normal, verificada a partir do sistema de resistência à compressão.

Foi realizado a produção de três protótipos de concreto, cada qual com um material com um módulo de elasticidade maior, o isopor granulado, fibra de pneu (borracha) e os sacos plásticos picados. Usando a metodologia A – Tensão  $\sigma_a$  fixa da norma NBR 8522 obteve-se que o módulo de elasticidade do isopor granulado é de -43,16 GPa; fibra de pneu (borracha) -48,82 GPa; sacos plásticos picados -69,73 GPa. Tendo em vista que o propósito seria achar com qual material o concreto teria um módulo de elasticidade maior, entre os materiais escolhidos o mais propício a ser utilizado é o concreto com isopor granulado. No entanto, ainda que implantados materiais elásticos nos protótipos os resultados obtidos a partir dos testes à compressão não satisfizeram o objetivo desta pesquisa, pois o módulo da elasticidade ficou em torno dos concretos feitos sem adição dos materiais elásticos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término do trabalho se pode concluir que os protótipos de concreto, quando incorporados os materiais com bom módulo de elasticidade, apresentaram uma deformação maior, entretanto esta elasticidade é muito pequena quando comparada a elasticidade do concreto. Depois da realização dos testes em laboratório pôde-se concluir que o material mais indicado para ser incorporado no meio do concreto a fim de torná-lo mais elástico seria o isopor granulado que tem um módulo de elasticidade a compressão maior que a fibra de pneu (borracha) e o saco plástico picado, porém tais resultados ainda são muito limitados ao módulo necessário para que o concreto se deforme a ponto de liberar elétrons das placas piezoelétricas. Logo, tem-se a conclusão que será necessária a utilização de outros recursos para tornar o concreto mais flexível, uma vez que sua elasticidade está diretamente relacionada com a capacidade de resistência do concreto, o que leva a um problema ainda maior, de modo que o aumento da elasticidade se dá em detrimento de sua resistência.

#### REFERÊNCIAS

ABCP. Disponível em <<http://www.abcp.org.br/>> Acesso em: 16 novembro de 2015.  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: **Cimento Portland composto – Especificação**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>> Acesso em 14 de outubro de 2015.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7214: **Areia Normal para Ensaio de Cimento**. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/sheyqueiroz/nbr-721482-areia-para-ensaio-de-cimento>> Acesso em 06 de janeiro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 23: **Cimento portland e outros materiais em pó** – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522: **Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão**. Rio de Janeiro, 2008.

ANTON, S. R; SODANO, H. A. A review of power harvesting using piezoelectric materials (2003–2006). **Smart Materials and Structure**, Bristol, v. 16, n. 3, p. R1–R21, 2007. Disponível em: <[stacks.iop.org/SMS/16/R1](http://stacks.iop.org/SMS/16/R1)>. Acesso em: 10 outubro. 2015.

BAUER, Falcão. **Materiais de construção**. 5 ed. Revisada. [Reimpr]. - Rio de Janeiro: LTC, 2015.

CHRISTANTE, Luciana. Energia sob nossos pés. **Revista Unesp Ciência**, UNESP, n. 07, p. 42-43, abr. 2010.

ETAPAS DA PIEZOELETRICIDADE. Disponível em <[www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530.../GeovannaL\\_Cotta\\_RF1.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530.../GeovannaL_Cotta_RF1.pdf)> Acesso em: 15 outubro 2015.

GONÇALVES T. R. S. **Colheita Piezoelétrica de Energia**. Dissertação. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2011.

LEITH, E. N; UPATNIEKS, J. Reconstructed wavefronts and communication theory. **Journal of the Optical Society of America**, Washington, v. 52, p.1123, 1962.

SÁ, F. G. **Síntese e Caracterização de Compósitos de Cimento Portland Modificados com PZT**. Dissertação. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá: 2009.

SINGEP. Disponível em <<http://www.singep.org.br/4singep/resultado/342.pdf>> Acesso em: 04 de novembro 2015.