

# AVANÇO CIENTÍFICO E REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA: UM ESTUDO DA CONTRIBUIÇÃO DA FÍSICA QUÂNTICA APLICADA À ENGENHARIA CIVIL

**Davi B. C. da Silva** – davi.silva@tucurui.ufpa.br

**Reinaldo P. R. Sampaio** – reinaldo.sampaio@tucurui.ufpa.br

**M.Sc. Wellington da S. Fonseca** – fonseca@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental

Rua Itaipu, 36, Vila Permanente

68464-000 – Tucuruí – Pará

***Resumo:** Pela possibilidade de se manipular estruturas moleculares em laboratório e desejarem-se, assim, as propriedades mecânicas necessárias a certos campos industriais, a física quântica se tornou uma ferramenta de fundamental importância para o desenvolvimento de materiais nos campos da engenharia. Foi a partir dela que se desenvolveram métodos baseados no comportamento molecular dos átomos. Tais métodos alcançaram um patamar de importância graças a equipamentos de alta precisão, como o microscópio de tunelamento. Nesse contexto, a física quântica contribuiu para manipulação e criação de novos materiais, os quais se buscam cada vez mais utilizar na Engenharia Civil. Estes apresentam propriedades significantes, como alta resistência e baixa densidade, sendo capazes de diminuir o risco de colapsos nas estruturas. No presente trabalho serão apresentadas as aplicações dos princípios da física quântica na Engenharia Civil através de materiais e equipamentos eletrônicos.*

***Palavras-chave:** Física Quântica, Engenharia Civil, Materiais, Equipamentos*

## 1 INTRODUÇÃO

A física clássica lida principalmente com fenômenos macroscópicos, em uma escala mais familiar quanto à observação. Seus conceitos estão fundamentados nessa escala, e é dela também que resulta a intuição, de modo que é possível formar imagens “intuitivas” desses conceitos (NUSSENZVEIG, 2002).

De acordo com a teoria clássica, quanto mais um corpo é aquecido, mais ele emite radiação com uma taxa de frequência crescente. A despeito disso, considerando-se um corpo no qual fosse aberta uma cavidade no seu interior e se mantivessem as paredes da cavidade numa temperatura uniforme, o que se observaria é que a frequência de emissão de radiação seria crescente até um valor de pico, discordando da teoria clássica, onde a frequência tenderia ao infinito (NUSSENZVEIG, 2002; HALLIDAY *et al.*, 1995). A partir dessas observações surgiu uma grandeza denominada radiância espectral, representada por  $R_T(f)$ , onde  $R_T$  é função da frequência ( $f$ ), que é definida pela quantidade de radiação emitida pela superfície de um corpo em um pequeno intervalo de frequências ( $df$ ) a uma temperatura  $T$  por unidade de tempo, conforme ilustrado na Figura 1 (KÍTOR, 2011).

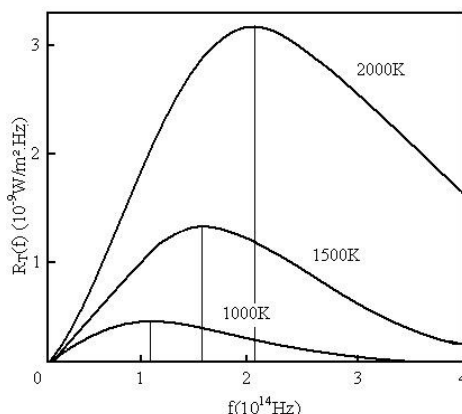


Figura 1 - Exemplos de curvas que podem ser obtidas experimentalmente na análise da radiação espectral em função da frequência de radiação.

Max Planck, em 1900, propôs uma equação para a radiação espectral que se ajustava perfeitamente aos dados experimentais em todos os comprimentos de onda e em todas as temperaturas (HALLIDAY *et al.*, 1995). Confrontavam-se, ali, a teoria clássica, até então largamente aceita, e uma nova física, que mostrava um grande potencial para novas descobertas. A nova física, denominada física quântica, trata principalmente de fenômenos na escala atômica e subatômica. Nesta escala a física clássica não é capaz de descrever os acontecimentos. A proposta de Planck preencheu a lacuna que a teoria clássica não podia explicar no estudo da radiação espectral. Portanto, a física quântica, principiada com a lei da radiação de Planck, evidenciou um campo absolutamente novo, onde muitos aspectos ainda deveriam ser estudados (NUSSENZVEIG, 2002; HALLIDAY *et al.*, 1995).

A aceitação da lei da radiação de Planck dependia da ideia de que a energia não era emitida de maneira contínua, mas em forma de pequenos pacotes, denominados *quanta* de energia. Esse rompimento com a teoria clássica era visto com certa insegurança pelos físicos da época, inclusive pelo próprio Planck (como ele mesmo chegou a admitir). Somente em 1917 Albert Einstein demonstrou a validade do novo conceito, confirmando os postulados de Planck (NUSSENZVEIG, 2002; HALLIDAY *et al.*, 1995).

Os princípios da física quântica foram e são importantes para a determinação e caracterização de diversos materiais. A caracterização de como os componentes do material estão dispostos possibilitou a manipulação desses materiais e, conseqüentemente, houve melhora nas propriedades mecânicas dos mesmos. Na Engenharia Civil o homem se valeu destas ferramentas para o uso, cada vez maior, de elementos com propriedades melhoradas a partir dos princípios da mecânica quântica. Além disso, na mesma utilizam-se métodos e equipamentos eletrônicos que são baseados em princípios da física quântica, como a gamagrafia e o espectômetro, dentre outros. No presente trabalho serão apresentadas as aplicações dos princípios da física quântica na Engenharia Civil, princípios estes que contribuíram para o desenvolvimento de novos materiais e equipamentos de análise estrutural.

## 2 EQUIPAMENTOS E MÉTODOS

### 2.1 Microscópio eletrônico de varredura

O microscópio eletrônico de varredura (Figura 2) é um dos mais versáteis disponíveis para a observação e análise de características microestruturais de objetos sólidos. Criado em 1947, pelo trabalho de Charles Oatley, na Universidade de Cambridge (TANGERINO, 2006), as principais razões de sua utilidade são a alta resolução que pode ser obtida quando as amostras são observadas e a aparência tridimensional da imagem (DEDAVID *et al.*, 2007).



Figura 2 – Microscópio eletrônico de varredura Philips XL 30 do IPEN/USP (TANGERINO, 2006).

O limite máximo de resolução dos microscópios ópticos é estabelecido pelos efeitos de difração devido ao comprimento de onda da radiação incidente (luz), ficando limitados a um aumento máximo de 2000 vezes. Acima deste valor, detalhes menores são imperceptíveis. Uma melhor qualidade de imagem pode ser obtida com o uso de uma radiação, que serve como fonte para iluminar o objeto, cujo comprimento de onda é menor que o da luz visível. (DEDAVID *et al.*, 2007).

De Broglie, que mostrou o dualismo onda-partícula, em 1925, concluiu que o comprimento de onda de um elétron é função de sua energia. A utilização de um campo elétrico acelerador permite a comunicação de uma energia de voltagem suficientemente grande a uma partícula. O resultado são elétrons de comprimento de onda extremamente curtos que trazem um poder de resolução potencialmente alto como uma fonte de iluminação. Estes elétrons podem ser focalizados por campos eletrostáticos ou eletromagnéticos, tornando-se capazes de formar imagens (DEDAVID *et al.*, 2007).

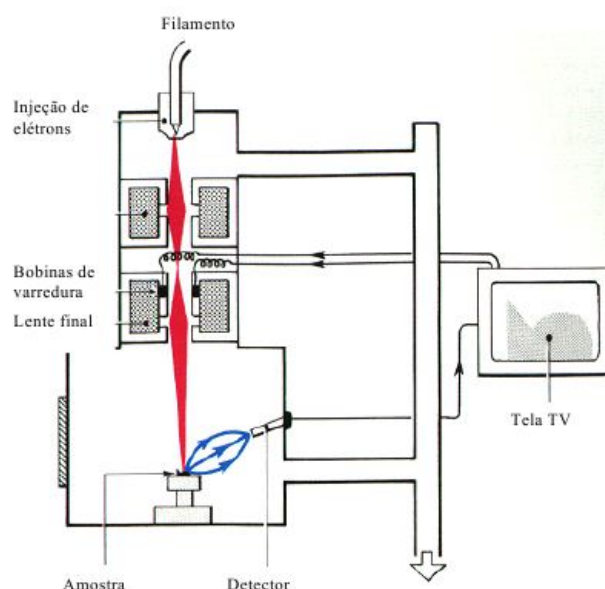


Figura 3 – Representação esquemática da técnica utilizada no MEV (TANGERINO, 2006).

Através deste princípio, esquematizado na Figura 3, o microscópio eletrônico de varredura pode fornecer rapidamente informações sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de uma amostra sólida. Sua utilização permite aumentos de 300.000 vezes ou mais, para a maior parte de materiais sólidos, conservando a profundidade de campo compatível com a observação de superfícies rugosas (DEDAVID *et al.*, 2007).

## 2.2 Microscópio de tunelamento

Os campos de estudo e de manipulação dos materiais receberam uma enorme contribuição com o desenvolvimento do microscópio de tunelamento, inventado em 1985, pelos cientistas Gerd K. Binnig e Heinrich Rohrer, no Laboratório de Pesquisa da IBM em Zürich (MANSOORI, 2004). Para a análise em escala molecular, havia a necessidade de se explorar a matéria em pequenas dimensões. O equipamento desenvolvido por Binnig e Rohrer ofereceu um meio para que isto fosse possível. Uma das limitações do microscópio de tunelamento se dá pela possibilidade de análise apenas de amostras condutoras.

Após a entrega do Prêmio Nobel de 1986 a Binnig e Rohrer pela invenção do microscópio de tunelamento, rapidamente surgiu uma família de técnicas relacionadas. Esta categoria de instrumentos foi classificada como microscopia de varredura por sonda. Considera-se que uma das mais importantes contribuições após o surgimento do microscópio de tunelamento foi o microscópio de força atômica, desenvolvido em 1986 por Binnig, Quate e Gerber. Através dele, pode-se obter a topografia da amostra através da atração ou repulsão de uma ponta responsável pela sondagem (MANSOORI, 2004). A distância entre a ponta e a amostra é pequena o suficiente para se considerar que existe contato entre elas (MANSOORI, 2004; KUNO, 2005). Logo, com o novo dispositivo, além das análises já consolidadas, tornou-se possível a caracterização de materiais não-condutores.

O microscópio de tunelamento permite obter a imagem das superfícies sólidas com resolução na escala atômica. Ele opera baseado na corrente por tunelamento que começa a fluir quando uma ponta muito fina se aproxima de uma superfície condutora a uma distância de cerca de um nanometro. Esta varredura é gravada e exibida como uma imagem da topografia da superfície (MANSOORI, 2004). Além da obtenção de imagens, este instrumento também é utilizado nos processos de montagem em escala nanométrica. A técnica utilizada consiste em montar a estrutura átomo por átomo a fim de se obter estruturas de forma precisa. Na nanotecnologia, campo promissor onde o equipamento mencionado possui fundamental importância, tal processo é denominado *bottom up* (IYUKE & MAHALIK, 2006). Um exemplo da sua utilização é exibido na Figura 4.

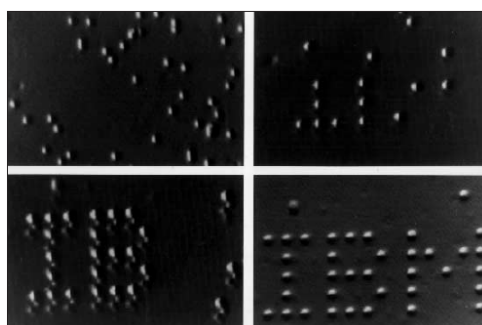


Figura 4 - A primeira montagem átomo por átomo: os 35 átomos de xenônio movidos por Donald Eigler e Erhard K. Schweizer, formando a sigla IBM, em 1990 (AMATO, 1999).

## 2.3 Gamagrafia

Muitas vezes é necessário avaliar estruturas de concreto a fim de verificar se elas estão próprias para a utilização designada. O ideal nestes casos é realizar um teste que não danifique o material (I.A.E.A., 2002). Existem atualmente muitas formas de se realizar procedimentos com esta vantagem. Um destes métodos, conhecido como gamagrafia, utiliza os raios gama, cujo princípio pode ser explicado através da física quântica.



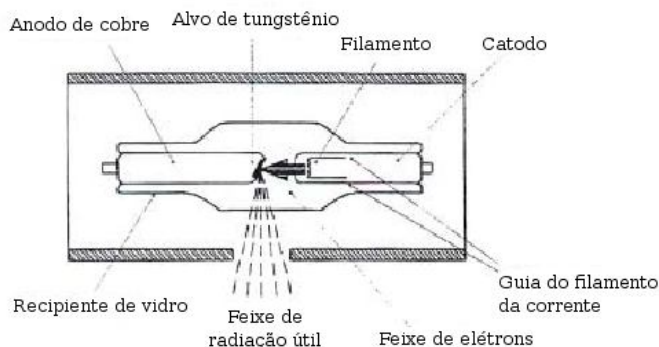


Figura 5 – Exemplo típico de um tubo de radiação (I.A.E.A., 2002).

A radiação emitida (Figura 5) sofre uma perda de intensidade enquanto passa através do material. Este fenômeno ocorre devido à absorção ou espalhamento dos raios pelo objeto exposto. O feixe de radiação incide sobre um filme sensível, no qual as diferentes intensidades de radiação revelam os pontos onde há falhas, isto é, os pontos onde não houve ou houve pouco desvio dos raios (I.A.E.A., 2002), como exibido na Figura 6. Evidencia-se, de tal forma, a ocorrência do efeito Compton e da absorção de radiação por parte do material.

Diferentemente dos materiais metálicos, o concreto é um material não-homogêneo, um compósito com matriz de baixa densidade, uma mistura de cimento, areia, agregados e água, podendo ser reforçado por armaduras de aço, que auxiliam na resistência à tração. A radiografia pode ser utilizada para localizar a posição das armaduras, além de permitir estimar seu diâmetro e profundidade abaixo da superfície. Pode revelar, ainda, a presença de vazios, rachaduras e materiais estranhos ao compósito, a presença ou ausência de reboco em construções protendidas e também variações de densidade no concreto (I.A.E.A., 2002).

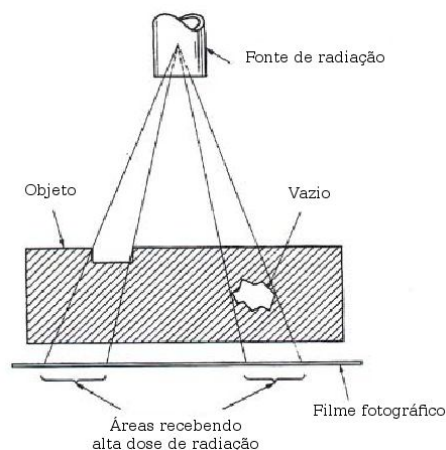


Figura 6 – Princípio da radiografia.

Existem recomendações baseadas em um uso correto dos instrumentos e que visam promover métodos aplicáveis para o estudo do concreto através da radiografia. Tais recomendações tratam sobre a fonte de radiação (sugere-se o uso de raios gama no caso de espessuras de cerca de 500 mm e o uso de raios-X para medidas inferiores), o tipo de filme, procedimentos para cálculo do tempo de exposição, alinhamento dos raios, qualidade da imagem, dentre outras (I.A.E.A., 2002).

A radiação pode ser extremamente perigosa para o corpo humano e algumas precauções devem ser tomadas para minimizar os riscos. Pode-se resumir a proteção contra a radiação em três princípios: o princípio da justificação das práticas, o princípio da otimização da proteção

e o princípio da limitação de dose (isto é, do tempo de exposição). As exigências mínimas para a proteção contra os raios emitidos estão especificados em “*International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*” (os *BSS – Basic Safety Standards*) (isto é, “Padrões de Segurança Básica Internacionais para Proteção Contra Radiação Ionizante e para a Segurança de Fontes de Radiação”) (I.A.E.A., 2002).

## 2.4 Difração de raios-X

Apesar de possuir poucas relações diretas com a difração de raios-X, pela mecânica quântica pode-se explicar como é obtida esta radiação. Os raios-X, gerados em processo similar ao descrito no caso da gamagrafia, podem ser espalhados elasticamente sem perdas de energia pelos elétrons do átomo. A difração é um efeito ondulatório, ou seja, acontece porque a luz é uma onda e também é observada em outros tipos de ondas (HALLIDAY *et al.*, 1995).

Existem, basicamente, duas maneiras de se analisar os resultados desta técnica. A primeira se dá com o uso de um equipamento denominado difratômetro: um anteparo usado para determinar o ângulo em que ocorre a difração, cujos dados que obtém são registrados em forma de gráfico. O outro método se assemelha ao empregado na gamagrafia, isto é, o registro da intensidade da radiação é feito em um filme fotográfico (CALLISTER, 2007).

A difratometria e a radiografia de raios-X se configuram na atualidade como ferramentas muito importantes para a caracterização macroestrutural de materiais cristalinos, e são largamente utilizadas na Engenharia e em áreas que tratam do comportamento e desenvolvimento de novos materiais (CALLISTER, 2007).

## 2.5 Espectrômetro

O espectrômetro é um equipamento óptico usado para medir as propriedades da luz em uma determinada faixa do espectro eletromagnético. Sua estrutura basicamente se resume a existência de uma rede de difração e um captador.

O espectrômetro de massa foi inventado por Francis Aston, físico e químico inglês e, 1919. Recebeu o Nobel de Química de 1922, pela descoberta, utilizando o seu espectrógrafo de massa, de isótopos num grande número de elementos não radioativos. Um espectrômetro de massa bombardeia uma substância com elétrons para produzir íons, ou átomos eletricamente carregados. Os íons atravessam um campo magnético que curva suas trajetórias de modos diferentes, dependendo de suas massas. O campo separa os íons em um padrão chamado espectro de massa. A massa e a carga dos íons podem ser medidas por sua posição no espectro. Os cientistas identificam assim os elementos e isótopos presentes na amostra.

Existem vários tipos de espectrômetros, e dentre eles os mais utilizados são: o TIMS (Espectrômetro de Massa por Ionização Térmica, sigla traduzida), o SIMS (Espectrômetro de Massa por Ionização Secundária, sigla traduzida) e o LA-ICP-MS (Espectrômetro de Massa por Ionização Acoplada por Plasma com Ablação a Laser, sigla traduzida).

O TIMS tem maior precisão analítica e os métodos analíticos são sustentados pelas amplas experiências acumuladas. Essa tecnologia viabilizou a datação U-Pb (urânio-chumbo) em zircão em meados de 1980. A desvantagem desse equipamento é que sua aquisição e as despesas de manutenção são muito elevadas.

O SIMS é um espectrômetro de massa para análise de pequenas áreas na superfície polida de um grão de mineral com diâmetro de 20 a 30 micrometros. A operação é similar a uma microsonda eletrônica e permite as análises sem destruição total das amostras. Entretanto, é menos preciso que o método TIMS.

O LA-ICP-MS utiliza feixe de laser de diâmetro de 20 a 30 micrometros (*spot analyses*) para ionização da superfície de amostra. As seções polidas e lâminas delgadas de 100 micrometros de espessura podem ser analisadas sem necessidade de pré-tratamentos químicos. É similar ao SIMS, em que os operadores miram os pontos a serem analisados ao microscópio óptico. O custo para aquisição do aparelho e sua operação é muito mais baixo do que o TIMS e SIMS.

Devido ao seu alto poder de descrever o interior das estruturas da construção civil, esse equipamento vem sendo cada vez mais usado na Engenharia, pois a utilização desta ferramenta possibilita uma melhor e mais completa modelagem e monitoramento dos comportamentos estruturais sob as ações, sejam elas dinâmicas ou estáticas, facilitando a manutenção da estrutura e a prevenção de acidentes nas mesmas.

### 3 MATERIAIS

#### 3.1 Compósitos estruturais

Nanocompósitos poliméricos são uma nova classe de materiais poliméricos que contém quantidades relativamente pequenas de nanopartículas. Geralmente, estas nanopartículas compõem cerca de 5% do material. Podem ser compostos inorgânicos, como as argilas, nanotubos de carbono ou, ainda, aditivos químicos, como a sílica, carbonato de cálcio, alumina, óxido de zinco, entre outros, que se caracterizam por possuir pelo menos uma de suas dimensões na escala nanométrica.

As propriedades dos nanocompósitos, como a alta rigidez, baixa densidade, resistência química, baixa permeação de gases, alta estabilidade térmica, propriedades superficiais (Figura 7), condutividade elétrica e térmica, dureza, proteção contra chama, dentre outras, são de extrema relevância. As aplicações destes materiais são possíveis em diversos mercados, como o automobilístico, o de embalagens, o da construção civil e o de eletro-eletrônicos.

Na construção civil procura-se utilizar materiais de propriedades significantes. Como exemplos, podem-se mencionar a alta resistência e a baixa densidade, pois a combinação destas diminuirá o risco de colapsos na estrutura. E, nesse contexto, os nanocompósitos vêm sendo aplicados em larga escala nas diversas áreas dentro de uma estrutura, como nas instalações hidráulicas, que utilizam tubos à base de nanocompósitos.

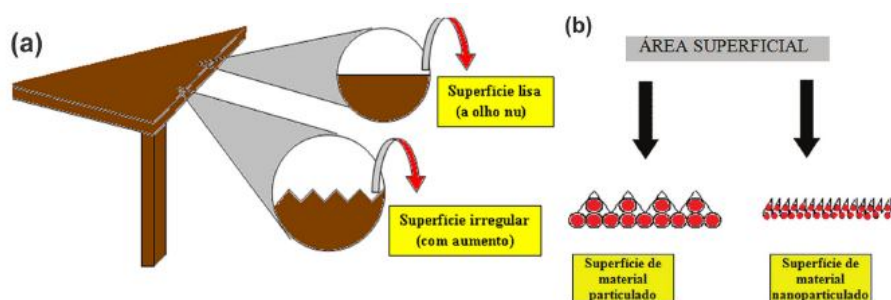


Figura 7 – Propriedades superficiais: comparação (a) da visão macro e microscópica de um corpo e (b) da área superficial de materiais. (SILVA *et al.*, 2009)

#### 3.2 Nanocompósitos com nanotubos de carbono

Os nanotubos de carbono ou cilindros de átomos de carbono são exemplos de materiais produzidos átomo por átomo (método *bottom up*) cujo mecanismo ainda desafia os pesquisadores. Representados na Figura 8, possuem diâmetros que vão de 1 a 100 nanômetros e também propriedades mecânicas, eletrônicas e magnéticas sem igual, que talvez tenham

feito do seu estudo o campo mais ativo e interessante na ciência relacionada ao carbono nos últimos anos (IYUKE & MAHALIK, 2006).

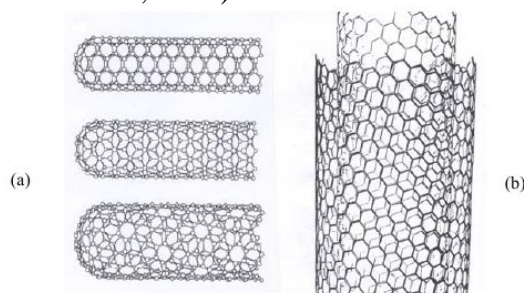


Figura 8 – Representações dos tipos de nanotubos de carbono. Arranjos (a) com paredes simples e (b) com multiparedes, isto é, um nanotubo no interior de outro.

Quanto à sua condutividade elétrica, possui um comportamento semelhante ao de metais e semicondutores. Sua capacidade de transporte de elétrons está definida como balística, isto é, não sofre dispersão de eletricidade. Possui apenas alguns milímetros de comprimento e um módulo de elasticidade igual a 1000 GPa, valor aproximadamente cinco vezes maior que o módulo de elasticidade do aço (IYUKE & MAHALIK, 2006).

O campo de aplicações do nanotubo de carbono é promissor e novas utilizações na engenharia dos materiais são cogitadas devido a suas propriedades incomuns. Dentre as diversas aplicações, pode-se destacar na engenharia civil a utilização dos nanotubos de carbono como reforço mecânico (IYUKE & MAHALIK, 2006).

As nanoestruturas de carbono possuem propriedades únicas, que fazem delas estruturas idealmente ajustáveis para a fabricação de materiais compósitos avançados. Estas nanoestruturas de carbono proveem um importante meio de se fabricar materiais compósitos avançados com polímeros. Como resultado, observam-se as propriedades características de ambos os componentes constituintes, demonstrando efeitos sinérgicos (CHEN & HUANG, 2006), ilustrados na Figura 9.

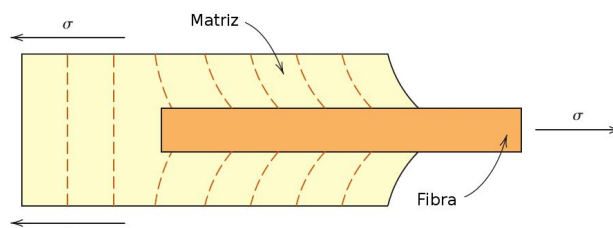


Figura 9 – Padrão de deformação na matriz que envolve a fibra quando sujeitos a tensão (CALLISTER, 2007). O módulo de elasticidade do nanotubo de carbono traz vantagens quanto à resistência do material.

Os instrumentos de microscopia de sonda são exemplos de dispositivos eletrônicos que podem ser melhorados com esta nanoestrutura. Suas características permitem a manipulação a fim de se formar uma ponta bem definida que exerce a função de sonda. Destacam-se entre essas propriedades: seu diâmetro, que pode chegar a menos de 0,5 nm, sua capacidade de detalhamento nas estruturas estudadas e sua elasticidade (CHEN & HUANG, 2006).

### 3.3 Compósitos plástico-madeira

São compostos manufacturados formados por uma quantidade de plástico superior a 50% em massa e geralmente se apresenta em seções transversais retangulares. São fabricados a



partir de plásticos recicláveis ou composições de fibras de madeira. Em algumas formulações do compósito plástico-madeira são utilizados compósitos com carga vegetais, tais como serragem e fibras naturais ou ainda minerais, como o carbonato de cálcio, fibras de vidro sintético e talco. Essas cargas são utilizadas para melhorar as propriedades físicas, químicas e mecânicas do material, possibilitando novas aplicações e melhores resultados.

O compósito plástico-madeira apresenta vantagens significativas em relação à madeira natural, como impermeabilidade superior, resistência à corrosão, exposição ao sol, chuva, poeira, além de não formar farpas, não rachar, não empenar pela secagem ou envelhecimento, resistência ao mofo e aos cupins. Também não requer pintura nem manutenção periódica.

Outro fator importante ao que se refere ao uso deste material é que para se trabalhar com ele são usadas ferramentas convencionais de carpintaria, logo esse tipo de madeira pode ser serrada, aplainada, aparafusada, pregada como a madeira natural. Na Engenharia Civil este tipo de material vem sendo cada vez mais utilizado: em bancos de praças, janelas, acabamentos ao redor de piscinas, tábuas de decoração em paredes, entre outras aplicações.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A física quântica e seus princípios foram e são ferramentas de fundamental importância para a produção de novos materiais empregados na Engenharia Civil na atualidade. Os equipamentos eletrônicos e métodos apresentados neste trabalho também tiveram sua implementação a partir de fundamentos da física quântica. Esta ciência e seus incrementos possuem um papel relevante, tanto na ampliação do mercado dos materiais e de equipamentos eletrônicos quanto nos métodos de caracterização dos materiais utilizados nos mais diversos campos, sendo um deles a Engenharia Civil.

##### *Agradecimentos*

Agradecemos à Coordenação da Universidade Federal do Pará, Campus de Tucuruí e à Diretoria da Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental, pelo incentivo à pesquisa e atividades de extensão, à Engenheira Civil Edilene Guimarães, pelas contribuições neste trabalho e à Eletronorte pelo apoio às atividades desenvolvidas na Universidade Federal do Pará.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMATO, Ivan. **Nanotechnology: shaping the world atom by atom**. Washington: National Science and Technology Council, 1999. 8p.

CALLISTER, William D. Jr. **Materials science and engineering: an introduction**. 7.ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 2007. 739p.

CHEN, Qianwang; HUANG, Zhao. Carbon based nanostructures. In: **Micromanufacturing and nanotechnology**, Berlim: Springer, 2006. p. 246-274.

DEDAVID, Berenice Anina; GOMES, Carmem Isse; MACHADO, Giovanna. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 60p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: óptica e física moderna**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1995. Vol. 4, 355p.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (I.A.E.A.). **Guidebook on non-destructive testing of concrete structures**. Industrial Applications and Chemistry Section: Vienna, 2002. 231p.

IYUKE, S. E.; MAHALIK, N. P. Carbon nanotube production and applications: basis of nanotechnology. In: **Micromanufacturing and nanotechnology**, Berlim: Springer, 2006. p. 219-245.

KÍTOR, Glauber Luciano. **Radiação do corpo negro**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/radiacao-do-corpo-negro/>. Data de acesso: 28 jun. 2011.

KUNO, M. **Introduction to nanoscience and nanotechnology: a workbook**. Notre Dame: S.n., 2005. 356p.

MANSOORI, G. Ali. **Principles of nanotechnology: molecular-based study of condensed matter in small systems**. World Scientific Publishing: Chicago, 2004. 341p.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2002. Vol.4, 437p.

SILVA, S. L. A.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, N. D. S. Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? Uma abordagem para o Ensino Médio. **Revista Escola, S.l.**, v. 31, n. 3, p. 172-178, 2009.

TANGERINO, Laiza Maria Borges. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ, Instituto de Ciências Exatas. **Estudo das propriedades antimicrobianas de copolímeros derivados do eugenol**, 2006. 172p., il. Dissertação (Mestrado).

## **SCIENTIFIC ADVANCE AND TECHNOLOGICAL REVOLUTION: A CONTRIBUTION STUDY OF THE QUANTUM PHYSICS APPLIED TO THE CIVIL ENGINEERING**

**Abstract:** *For the ability to manipulate molecular structures in the laboratory and wish, therefore, the mechanical properties required for certain industrial fields, quantum physics has become a tool of fundamental importance for the development of materials in engineering. It was from there that have developed methods based on molecular behavior of atoms. These methods only reached a level of importance due to high precision equipment, for example, the scanning tunneling microscope. In this context, quantum physics has contributed to manipulation and creation of new materials, which it seeks more use in the Civil Engineering. These have significant properties such as high strength and low density, being able to decrease the risk of collapsing structures. Thus, in this paper will present the applications of the principles of quantum physics in Civil Engineering through materials and electronic equipment.*

**Key-words:** *Quantum Physics, Civil Engineering, Materials, Equipment*