



# NANOTUBO DE CARBONO, APLICAÇÕES E PROPRIEDADE ÓPTICAS NÃO LINEARES

Estéphane Luiza Amilar Costa  
Janinne Araújo Baptista

Professor:  
**Fábio Luís Rodrigues**

# SUMÁRIO

---

DEFINIÇÃO

PROPRIEDADES  
DO NTC

INTRODUÇÃO

TIPOS DE NTC

PROPRIEDADES  
ÓPICAS NÃO  
LINEARES DO NTC

PRODUÇÃO DO  
NTC

# DEFINIÇÃO

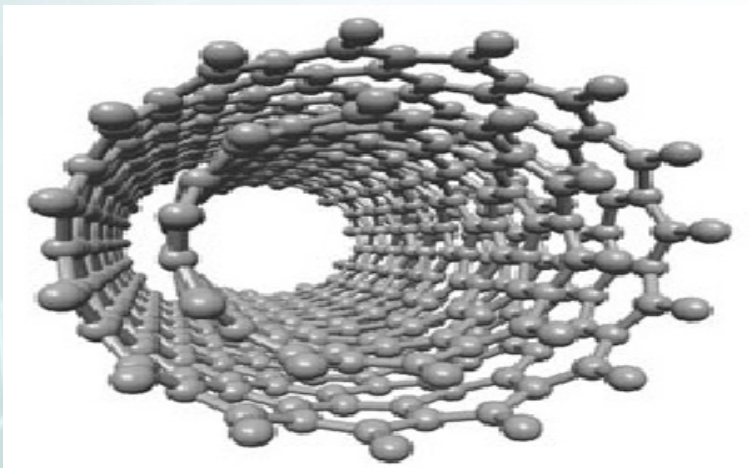
---

- Nova classe de materiais descobertos em 1991 por Sumio Iijima;
- Constituídos por estruturas cristalinas formadas por átomos de carbono com hibridização  $sp^2$  de seus orbitais
- extraordinárias propriedades mecânicas, elétricas e térmicas;
- Possuem a maior resistência a ruptura sob tração conhecida, na ordem de 200 GPa, 100 vezes superior ao mais resistente aço com apenas 1/6 de sua densidade;

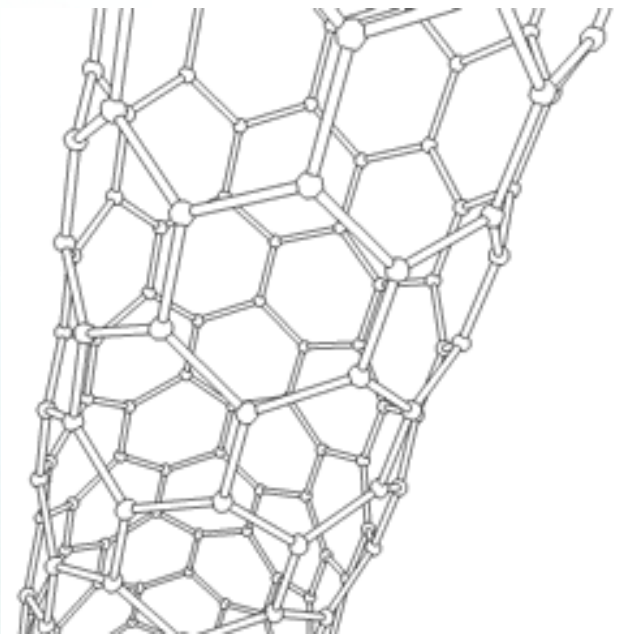
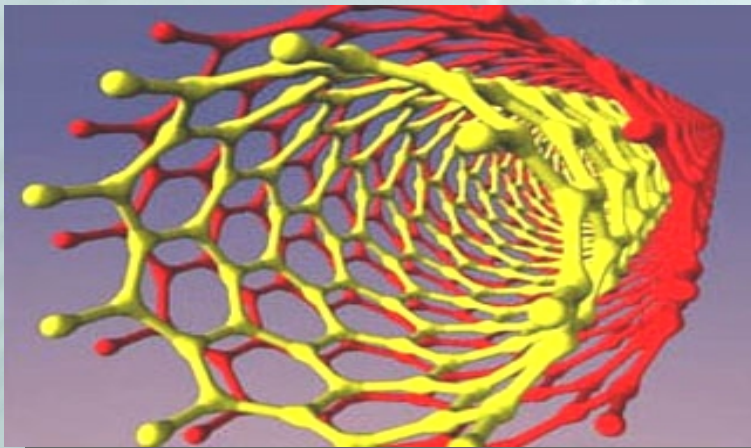


# DEFINIÇÃO

---



Estruturas do nanotubo de carbono



Estrutura tridimensional

# INTRODUÇÃO

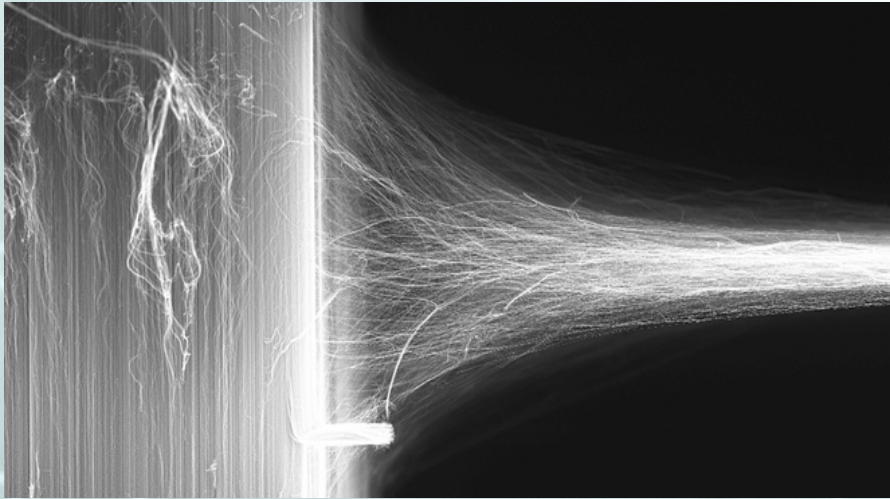
---

- Nanotubos: 100 mil vezes mais finos que um fio de cabelo;
- Invisíveis até para microscópios ópticos;
- Não quebram nem deformam quando dobrados ou submetidos à alta pressão;
- Melhores condutores de calor que existem;
- Capazes de transportar eletricidade.

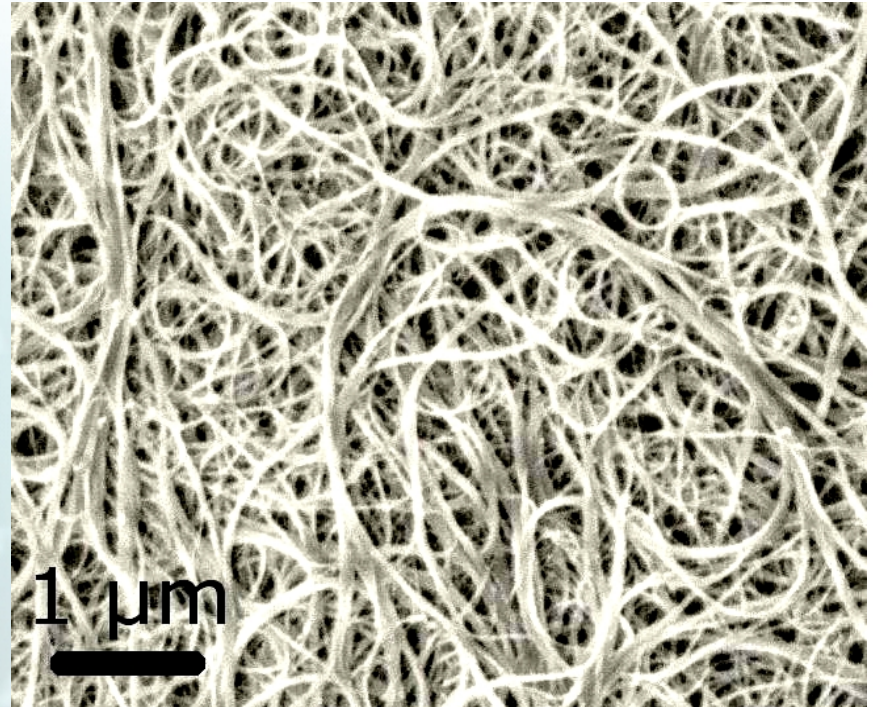


# INTRODUÇÃO

---



Nanotubos de carbono vistos a microscopia de varredura de alta resolução



# INTRODUÇÃO

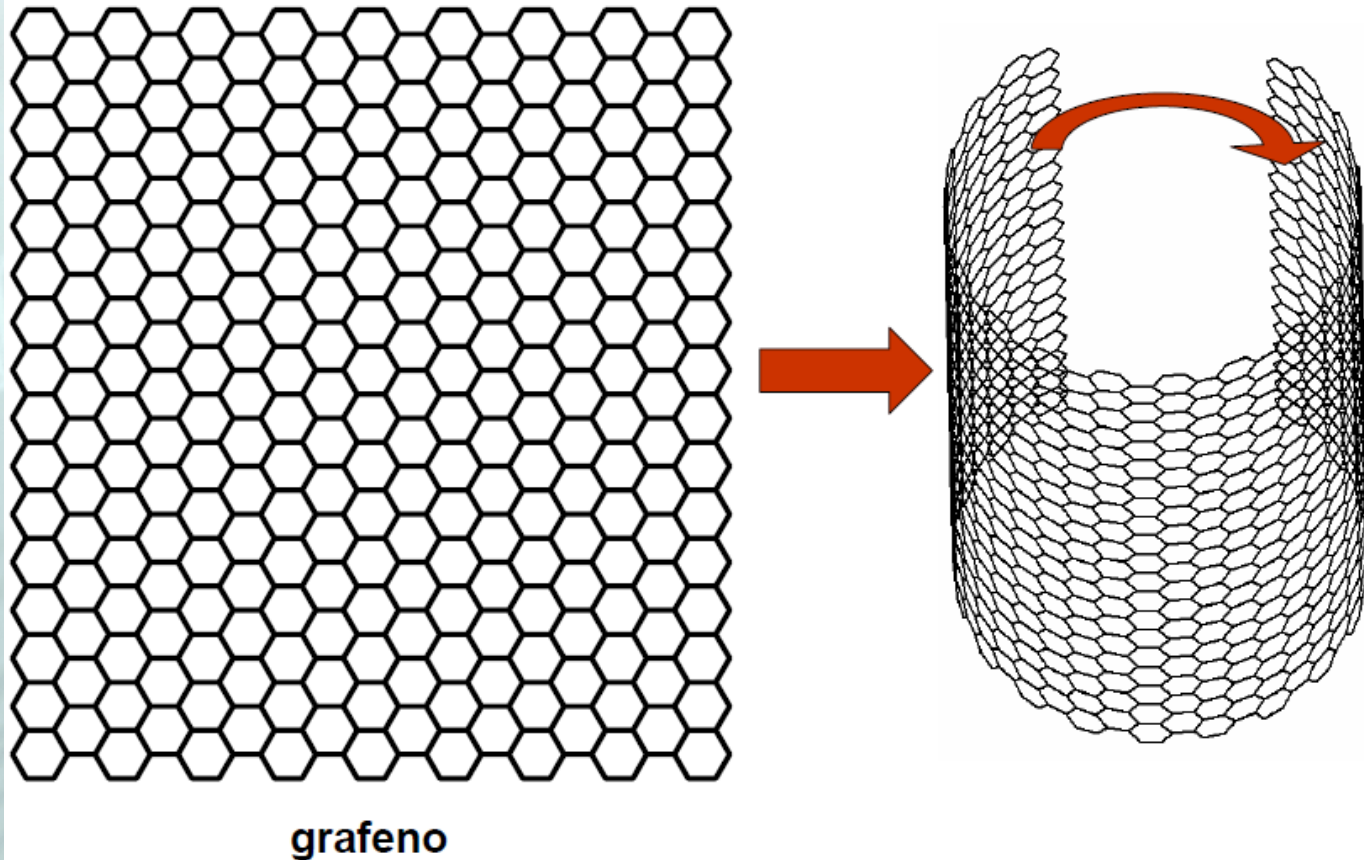
---

- Formados à partir de uma camada de grafite (grafeno), produzindo cilindros perfeitos;
- Várias possibilidades de direção para a camada de grafite enrolar;
- Nanotubos são definidos por um **vetor** e um **ângulo quiral**.
- DIFERENTES DISPOSIÇÕES DOS ÁTOMOS DE CARBONO = **DIFERENTES PROPRIEDADES**.



# INTRODUÇÃO

---

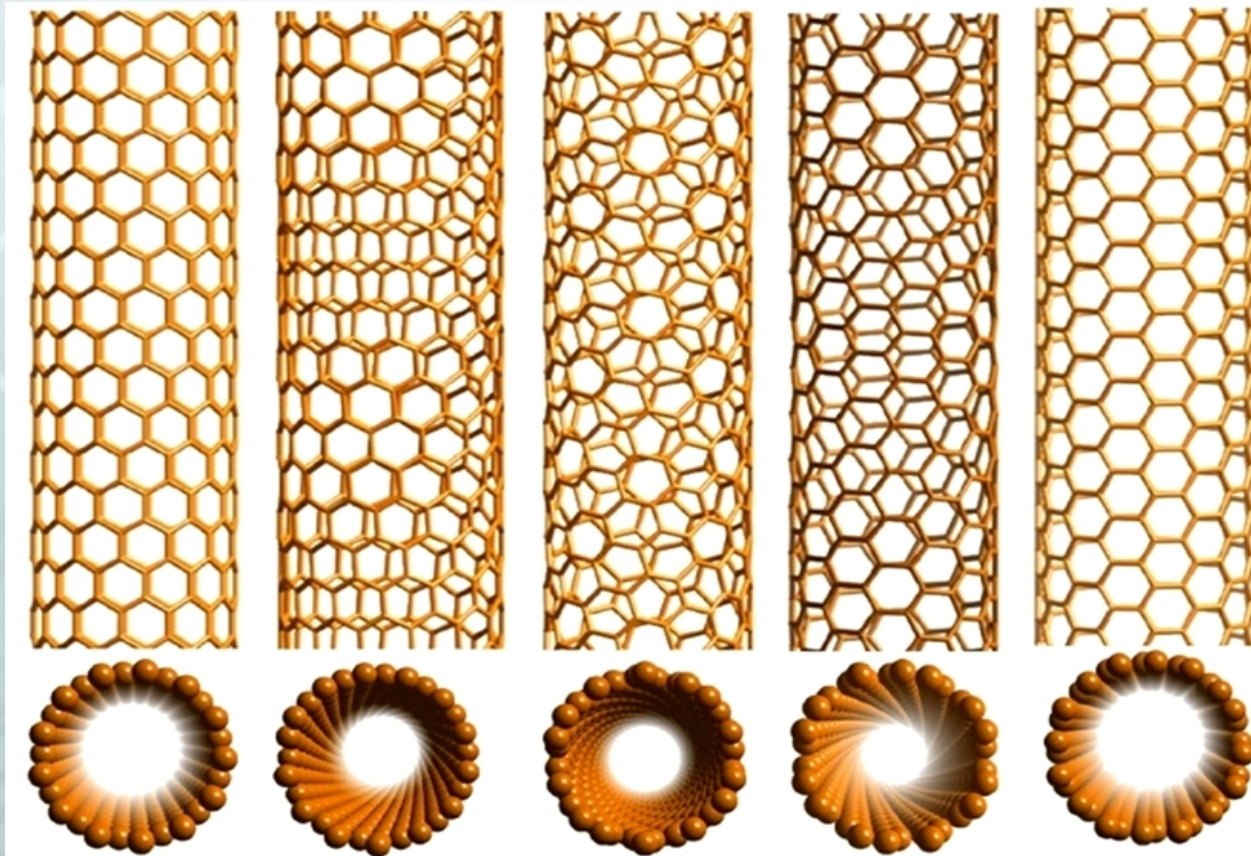


Formação do nanotubo de carbono através da folha de grafeno



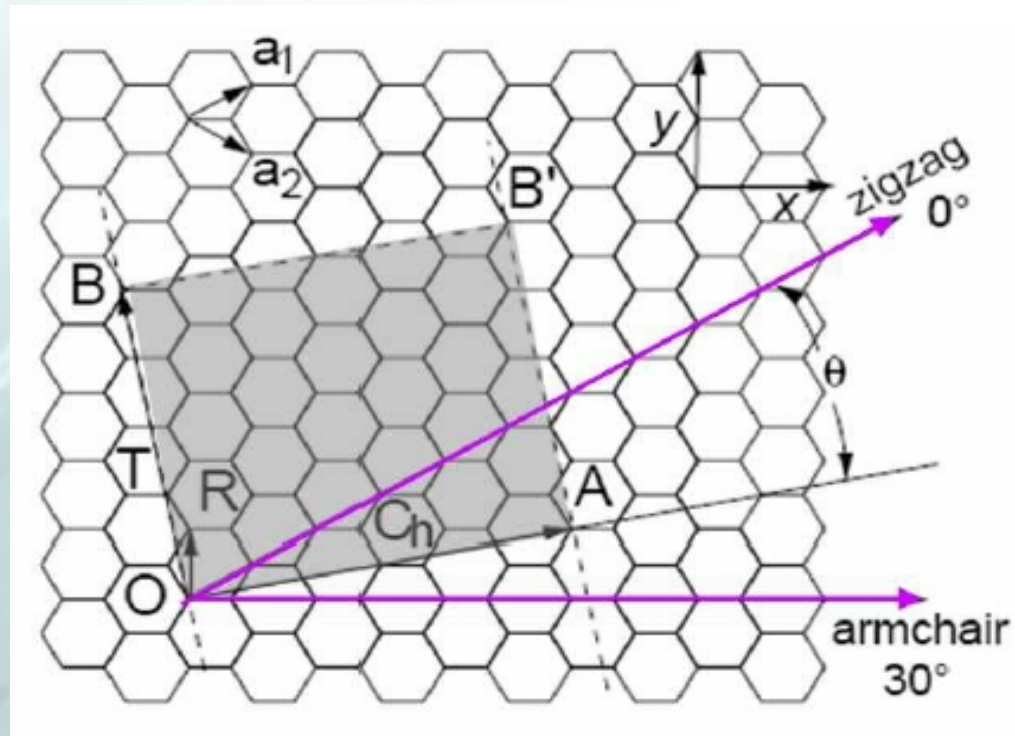
# INTRODUÇÃO

---



Diferentes arranjos de átomos de carbonos em nanotubos

# TIPOS DE NTC



Esquema da estrutura da folha de grafeno. Os átomos de carbono se encontram nos vértices dos hexágonos e os nanotubos se formam ao longo dos vetores da rede.



# TIPOS DE NTC

---

- NTC possuem uma estrutura básica formada por uma ou por múltiplas folhas de grafeno enroladas de forma concêntrica e cilíndrica, com as extremidades fechadas por um tipo de “abóbada” de grafite;

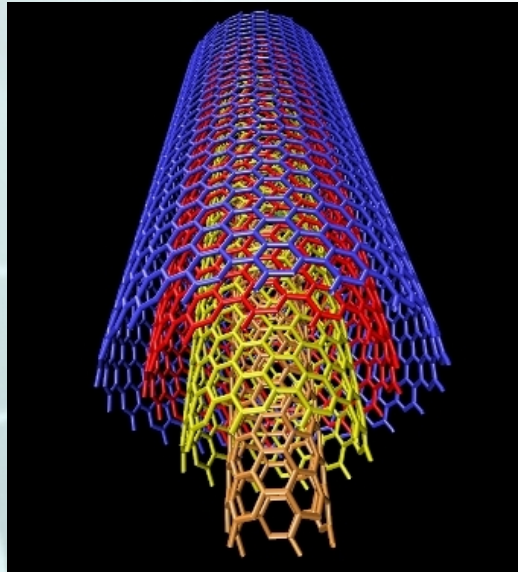
*Dois tipos de NTC:*

- Parede simples, formados pelo enrolamento de uma única folha de grafeno (conhecidos como SWNT, do inglês single-walled nanotubes);
- paredes múltiplas, onde várias folhas de grafeno se enrolam de forma concêntrica (MWNT – multi-walled nanotubes).

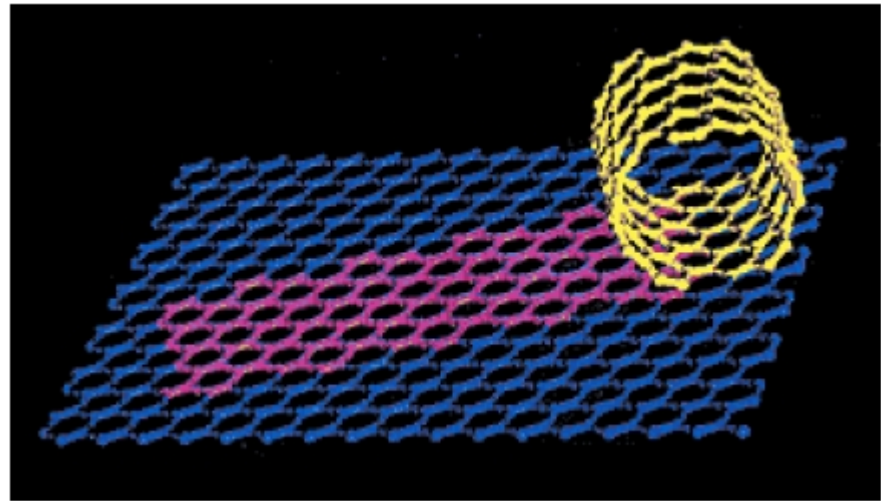


# TIPOS DE NTC

---



Representação MWNT



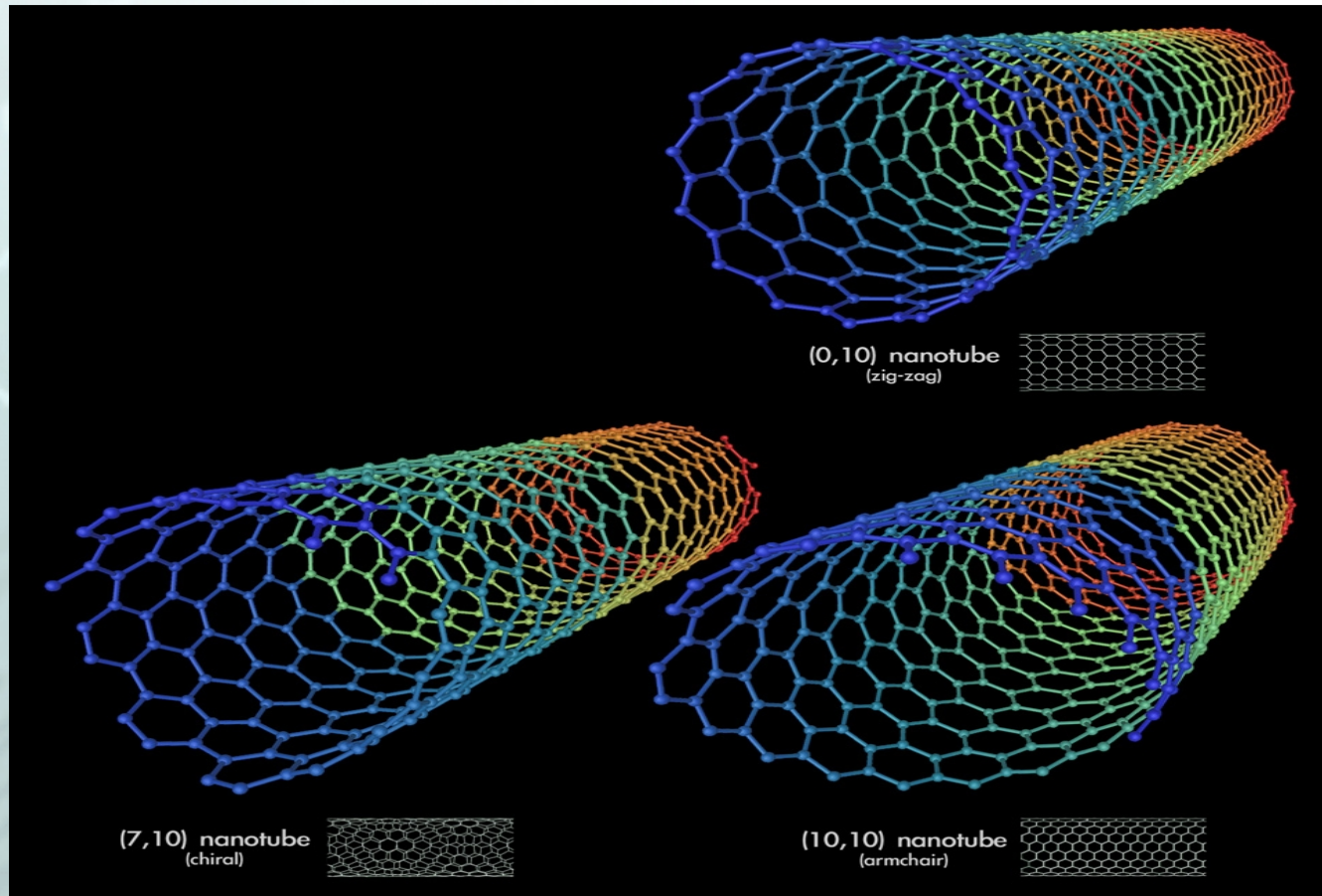
Representação SWNT

# TIPOS DE NTC

---

- Dependendo da forma como a folha de grafeno se enrola os SWNT classificam-se:
  - 1) nanotubos tipo zigzag;
  - 2) nanotubos tipo poltrona (armchair);
  - 3) nanotubos tipo espiral (chiral).

# TIPOS DE NTC



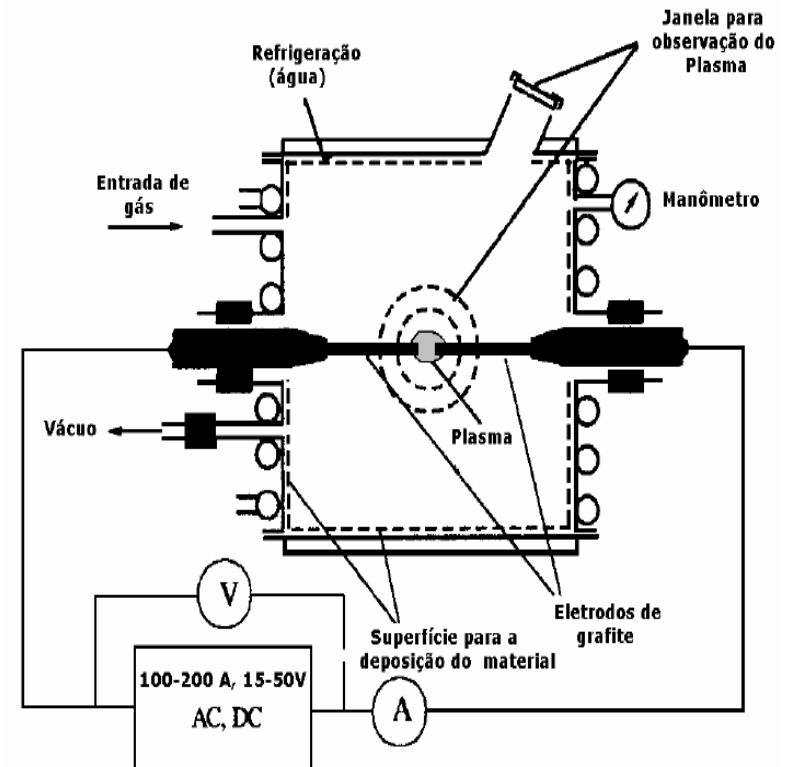
Diferentes tipos de SWNT



# PRODUÇÃO DE NTC

## *Descarga por arco;*

- Baseia-se na descarga de por uma arco elétrico, gerado entre dois cilindros de grafite;
- Corrente entre os eletrodos gera plasma, responsável por produzir os nanotubos.



Representação esquemática do aparato instrumental utilizado na descarga por arco na síntese de NTC

# PRODUÇÃO DE NTC

*Ablação por laser;*

- Semelhante ao método de descarga por arco;
- O grafite é vaporizado pela irradiação a laser na presença de um gás inerte;
- Mais eficiente.



Representação esquemática do aparato instrumental utilizado na ablação por laser

# PRODUÇÃO DE NTC

---

*Deposição química por vapor (CVD);*

- Mais fácil de ser controlado;
- Processo envolve a reação de decomposição de um vapor ou uma gás precursor contendo átomos de carbono, na presença de um catalisador metálico inerte;
- Nanotubos são nucleados e crescidos pelos átomos de carbono advindos da decomposição do precursor
- Mais eficiente.



# PROPRIEDADES DO NTC

---

*Bastante variável, está relacionada:*

- NTC apresentar-se na forma de SWNT ou MWNT;
- Diâmetro;
- **FORMA COMO A FOLHA SE ENROLA.**

# PROPRIEDADES DO NTC

---

- Principais propriedades dos NTC:
  1. Propriedades mecânicas – nanotubo de carbono é um dos materiais mais “duros” conhecidos, apresentando uma resistência mecânica altíssima, com alta flexibilidade

# PROPRIEDADES DO NTC

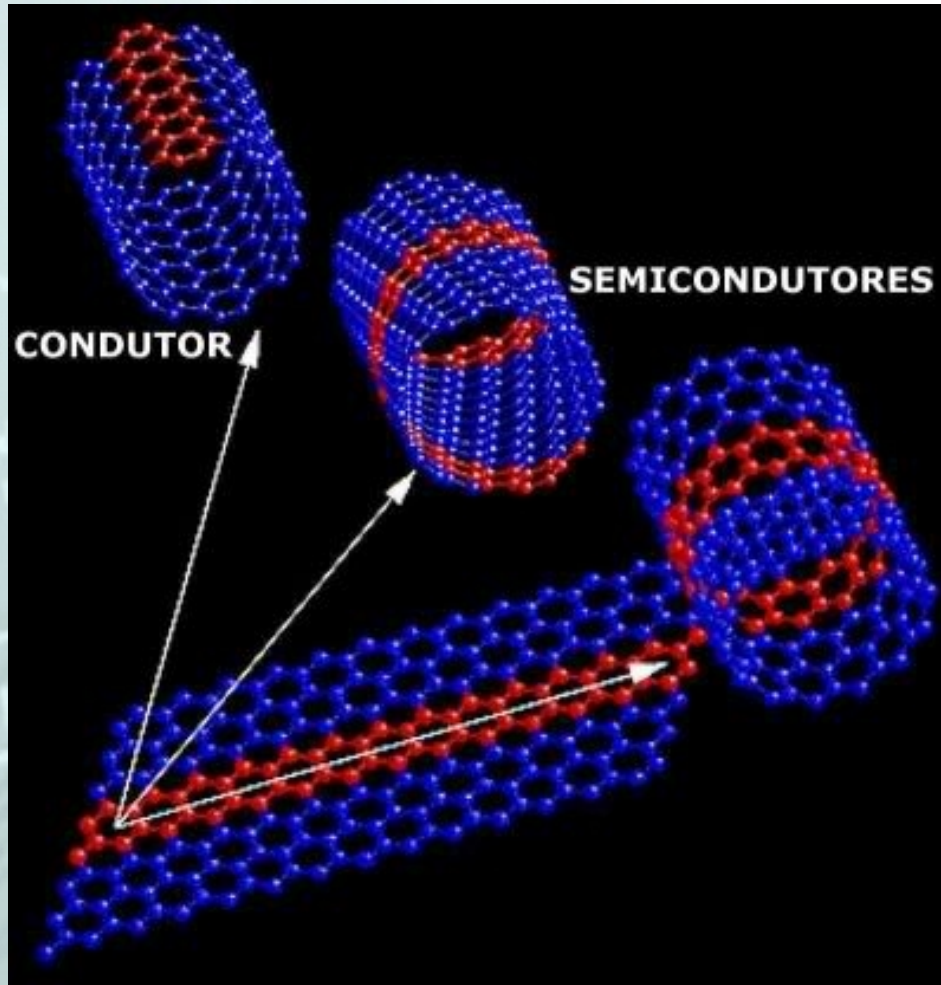
---

2. Propriedades elétricas – nanotubos transportam a corrente elétrica, e podem apresentar condutividade metálica, semicondutora ou até supercondutora (a baixas temperaturas), de acordo com suas características;



# PROPRIEDADES DO NTC

---



Condutividade do NTC considerando a forma de enrolar a folha de grafeno.

# PROPRIEDADES DO NTC

---

3. Propriedades térmicas – a condutividade térmica dos NTCs é altíssima, sendo considerada uma das maiores, na direção do eixo do tubo. Devido às propriedades listadas anteriormente, uma série de aplicações possíveis para os NTs têm sido vislumbrada.

# APLICAÇÕES DO NTC

---

1. Elevadores espaciais;
2. Chips de Computadores **MUITO** mais rápidos;
3. Melhores Células Solares;
4. Tratamento do Câncer;
5. Televisões Melhores e Mais Finas;



# APLICAÇÕES DO NTC

---

6. Capacitores que Substituem Baterias;
7. Telas Flexíveis;
8. Recomposição de Ossos;
9. Armadura Corporal;
10. Flywheels mais rápidas.

# APLICAÇÕES DO NTC

---

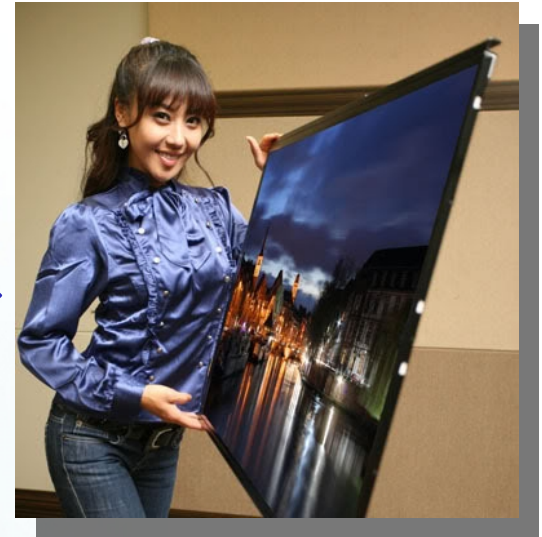
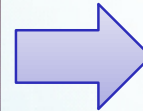
*Outras aplicações práticas:*

- Reter substâncias tóxicas do cigarro;
- Síntese controlada de fármacos;
- Resfriamento de computadores.

# APLICAÇÕES DO NTC



Simulação do elevador espacial



TV finérrima



Tela flexível



# PROPRIEDADES ÓPTICAS NÃO- LINEARES

---

- Óptica não-linear: trata de efeitos que ocorrem quando propriedades ópticas de um material dependem da intensidade ou outro efeito da luz, propagando neste material.

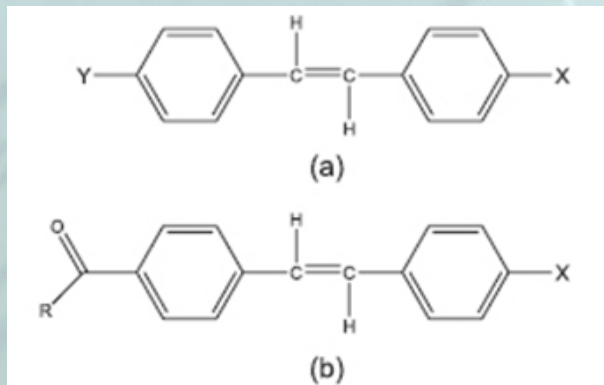
# PROPRIEDADES ÓPTICAS NÃO- LINEARES

---

- Crescimento da procura por materiais com propriedades ópticas não-lineares (NLO);
- Aplicações destes em computação óptica, telecomunicações e processamento de sinais;
- NTC podem atuar como suporte para grupos que possuam respostas ópticas não-lineares e assim serem aplicados na construção de materiais para dispositivos ópticos.

# PROPRIEDADES ÓPTICAS NÃO- LINEARES

- NTC quirais de pequeno diâmetro ( $\sim 5$  Å) apresentam potencial para aplicação em NLO, como, por exemplo, geração do segundo harmônico (SHG);
- Atualmente estuda-se métodos de inserção covalente de derivados do estilbeno – STB – X em SWNT *armchair* (5,5) para amplificar as características NLO destes NTC.
- Possibilidade de utilizar este nanotubos na área de comunicação .



(a) Estrutura geral dos estilbenos dissustituídos e (b) aqueles que podem ser utilizados na inserção em NTC.



# BIBLIOGRAFIA

---

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000200009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000200009&script=sci_arttext)

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165050519>

<http://www.inovacao.unicamp.br/report/news-nanotubos.shtml>

<http://www.htmlstaff.org/ver.php?id=8460>

[http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/id/27874762.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/27874762.html)

<http://sai-tedaqui.blogspot.com/2008/06/ainda-os-nanotubos-o-elevador-especial.html>

<http://www.si14.com.br/2008/11/21/10-usos-para-os-nanotubos-de-carbono/>

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165060911>

[http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/51\\_Novos%20Materiais/index\\_arquivos](http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/51_Novos%20Materiais/index_arquivos)

[http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia\\_lqes\\_monografias\\_odair\\_nanotubos](http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_monografias_odair_nanotubos)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_nanotube](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_nanotube)

<http://www.pa.msu.edu/cmp/csc/nanotube.html>

<http://www.personal.rdg.ac.uk/~scscharip/tubes.htm>

<http://arstechnica.com/science/news/2009/09/carbon-nanotubes-may-power>