

## O ciclo das rochas profundas explicado pelas placas tectônicas: deformação e metamorfismo Um modelo mostrando como as placas tectônicas podem explicar o metamorfismo e a deformação de rochas

Quando os processos do ciclo das rochas foram entendidos há mais de 200 anos atrás, as pessoas que os estudavam sabiam como os processos funcionavam, mas não sabiam a causa dos processos da Terra profunda.

Foi somente a cerca de cinquenta anos atrás que a teoria das placas tectônicas foi aceita e que as causas desses processos foram explicadas adequadamente.

Essa atividade do Geoideias molda como a deformação e o metamorfismo das rochas podem ser causados pela formação de montanhas ligadas ao movimento de placas tectônicas.

Quando os continentes em duas placas diferentes estão afastados, sequências espessas de sedimentos podem surgir no topo da placa oceânica entre elas. Se uma zona de subducção se desenvolver nessa área oceânica, uma das placas é carregada (subductada) para dentro do manto e os continentes são movidos um em direção ao outro. À medida que os continentes se encontram, eles formam uma zona de colisão onde:

- As enormes pressões laterais fazem com que as rochas sejam deformadas em dobras e falhas (veja o modelo em: [https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/06/9\\_Himalayas\\_in\\_30\\_seconds\\_pt.pdf](https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/06/9_Himalayas_in_30_seconds_pt.pdf));
- As rochas deformadas sobem em cadeias montanhosas com profundas raízes embaixo;
- À medida que as rochas ficam profundamente soterradas, sua temperatura aumenta (o aumento da temperatura com a profundidade é chamado de gradiente geotérmico); a colisão também aumenta a temperatura;
- Sob intensas pressões laterais e altas temperaturas, as rochas originais tornam-se metamorfizadas em rochas de metamorfismo regional (consulte: [https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/06/43\\_Metamorphism\\_pt.pdf](https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/06/43_Metamorphism_pt.pdf));

outras alterações também ocorrem - como mostrado na tabela na seção "contexto" abaixo.

Encene como a movimentação em conjunto (convergência) de placas transportando continentes pode causar deformação, formação de montanhas e metamorfismo da seguinte forma:

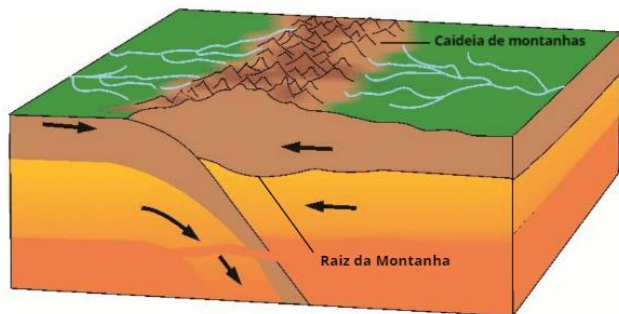
- Coloque um pedaço de papel em um lado de um espaço entre duas mesas, com um bloco de madeira em cima.
- Coloque parte de outra folha de papel na abertura e coloque o restante sobre a mesa; coloque um bloco de madeira em cima, longe da abertura.
- Coloque um pedaço de pano, como um lenço dobrado, sobre os blocos de madeira.
- As folhas de papel representam as placas (o papel verde nessas fotografias).
- Os blocos de madeira representam dois continentes que serão movidos juntos por movimentos de placas.
- O pano dobrado representa as muitas camadas de sedimentos depositadas por deposição no oceano e nos continentes.



- Puxe o papel na abertura para baixo para representar a placa de subducção.
- À medida que você puxa, os 'continentes' de madeira são movidos juntos, deformando o pano em dobras, levantando uma 'cadeia de montanhas' e empurrando as 'raízes da montanha' para baixo entre os blocos.



- A zona de colisão causada pelos continentes convergentes produziu uma 'cadeia de montanhas' com 'raízes', conforme mostrado no diagrama abaixo:



As pressões laterais causam deformação em falhas e dobras na cadeia montanhosa; na zona radicular, as intensas pressões laterais e o aumento da temperatura fazem com que as rochas se transformem em rochas metamórficas regionais (veja: [https://www.earthlearningidea.com/PDF/316\\_Rock\\_detective\\_rock\\_cycle.pdf](https://www.earthlearningidea.com/PDF/316_Rock_detective_rock_cycle.pdf))

**Título:** O ciclo das rochas profundas explicado pelas placas tectônicas: deformação e metamorfismo

**Subtítulo:** Um modelo mostrando como as placas tectônicas podem explicar o metamorfismo e a deformação de rochas

**Tópico:** Um modelo simples para mostrar como, à medida que a subducção de placas faz com que os continentes se movam um em direção ao outro (converge), os sedimentos intermediários são deformados em cadeias montanhosas com raízes; as rochas nas zonas radiculares tornam-se metamorfizadas regionalmente.

**Faixa etária dos alunos:** 14 anos à cima.

**Tempo necessário para completar a atividade:** 10 minutos

**Resultados do aprendizado:** Os alunos podem:

- Explicar como as placas que transportam continentes são movidas juntas (convergem) através da subducção tectônica de placas;
- Explicar como isso resulta em camadas sedimentares sendo deformadas em cadeias de montanhas com raízes;
- Explicar como as rochas se deformam dobrando as falhas nas cadeias de montanhas e nas zonas de raiz das montanhas as rochas tornam-se metamorfizadas por processos metamórficos regionais.

**Contexto:**

Os processos do ciclo das rochas foram descritos pela primeira vez por James Hutton e seus colegas há cerca de 230 anos -veja: [https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/06/93\\_James\\_Hutton\\_pt.pdf](https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/06/93_James_Hutton_pt.pdf)

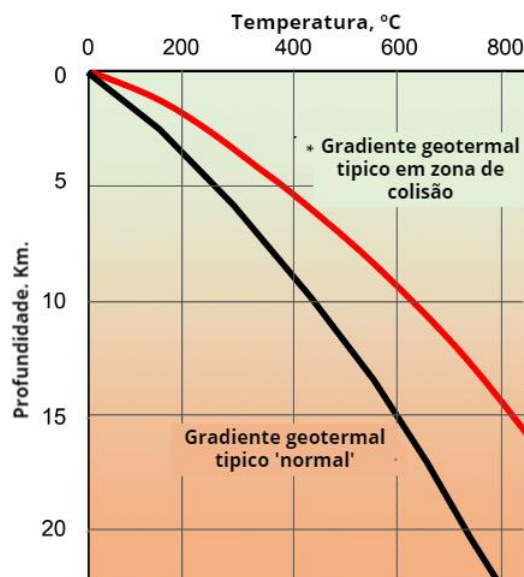
A evidência sobre as placas tectônicas foi desenvolvida por J. Tuzo Wilson em uma teoria global há cerca de 50

anos - veja:

[https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/07/91\\_Wegener.pdf](https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/07/91_Wegener.pdf)

O ciclo das rochas pode ser modelado na sala de aula por: [https://www.earthlearningidea.com/PDF/253\\_Rock\\_cycle\\_product\\_process.pdf](https://www.earthlearningidea.com/PDF/253_Rock_cycle_product_process.pdf). Os processos do ciclo das rochas e os movimentos e processos das placas tectônicas também podem ser modelados e discutidos na sala de aula, consulte: <https://www.ige.unicamp.br/geoideias/>.

O resultado da convergência de placas continentais é uma 'zona de colisão' na qual as camadas sedimentares e outras rochas se deformam em cadeias de montanhas. Nas zonas radiculares das montanhas, o gradiente geotérmico (causado por decaimento radioativo em alguns minerais da crosta e manto, juntamente com parte do calor remanescente do início da Terra) é aumentado pelos efeitos de colisão (ver linha vermelha no o gráfico de gradiente geotérmico abaixo).



As intensas pressões laterais e o aumento da temperatura com o metamorfismo regional das rochas.

Essas rochas metamorfizadas regionalmente geralmente têm cristais alinhados, com o alinhamento do cristal em ângulo reto com as principais direções de pressão.

Observe que a construção de montanhas, com sua deformação e efeitos metamórficos regionais, também ocorre em zonas de colisão entre placas oceânicas e placas transportando continentes.

Esta tabela mostra como o processo do ciclo interno das rochas é explicado pela movimentação das placas tectônicas foi extraído de King C. (2019) Exploring geoscience across the globe. Publicado IGEO em: <http://www.igeosci.org/teachingresources/geoscience-text-books/pp 82>.

Processo do ciclo interno da rocha	Explicação da Placa Tectônica
<b>Metamorfismo</b>	metamorfismo regional: quando as cadeias de montanhas são formadas nas margens das placas oceano-contidente e continente-contidente, as rochas são levadas a profundidades onde as temperaturas e as pressões das rochas sobrepostas são muito altas; o estresse compressivo extra das placas que colidem faz com que a rocha recristalize
	Metamorfismo térmico: magmas intrusivos, formados conforme descrito abaixo, assam as rochas circundantes em uma auréola metamórfica
<b>Fusão (fusão parcial)</b>	Nas zonas de subducção: a placa de subducção carrega água; a água e o aumento da temperatura fazem as rochas acima da placa fundirem parcialmente e o magma de menor densidade formado por esse processo aumenta
	Em margens de placas divergentes: sob as cordilheiras oceânicas, o manto fica quente o suficiente para fundir parcialmente, gerando magmas ricos em ferro / magnésio que formam um novo material de placa oceânica
<b>Intrusão Ígnea</b>	À medida que as margens da placa de magma sobem para a crosta mais fria acima, ela esfria e cristaliza em grandes câmaras de magma como plútons ou batólitos
<b>Atividade Vulcânica</b>	Se o magma nas margens e pontos quentes da placa atingem a superfície, ele entra em erupção; as erupções variam de relativamente segura a catastróficamente perigosa
<b>Soerguimento</b>	Quando cadeias montanhosas são formadas nas margens das placas oceânicas - continentes ou continentes - continentes, algumas rochas são erguidas enquanto outras áreas são forçadas pelas raízes das montanhas. Como a cadeia montanhosa 'flutua' no manto sólido, à medida que a rocha sobreposta é removida pela erosão, as rochas abaixo se elevam e se tornam soerguidas
<b>Deformação</b>	Em margens divergentes: à medida que as placas são afastadas, as rochas quebradiças se quebram em falhas normais, com um lado deslizando além do outro
	Em margens conservativas: na transformação da formação de falhas, uma placa passa por outra e as rochas quebradiças se fraturam em falhas de deslizamento
	Nas margens da placa convergente de oceano-contidente ou continente-contidente, as enormes forças compressivas fazem com que as rochas próximas à superfície se fraturem em falhas reversas e de empuxo; em profundidades maiores, rochas se deformam através de dobras

**Continuando a atividade:**

Experimente algumas das outras Geoideias focadas nas margens convergentes das placas em: <https://www.ige.unicamp.br/geoideias/estrategias-de-ensino/>

- As rochas da cadeia montanhosa são deformadas dobrando e falhando.
- Nas zonas radiculares, a pressão lateral intensa (resultante do aumento do gradiente geotérmico) causam metamorfismo regional.

**Princípios fundamentais:**

- Placas carregando continentes são movidas uma para a outra (convergir) por subducção.
- Quando isso acontece, os sedimentos e as rochas intermediárias são deformados em cadeias de montanhas com raízes da montanha.

**Habilidades cognitivas adquiridas:**

Compreender o modelo envolve construção; A aplicação do modelo aos processos tectônicos de placas e aos processos de deformação e metamorfismo regional do ciclo das rochas envolve a ligação ao abrir caminhos.

**Lista de Materiais:**

## Geoideias: Earthlearningidea 318

- Dois pedaços de papel A4 (talvez de cor azul ou verde para representar placas oceânicas)
- Dois blocos de madeira, como mostrado nas fotos, para representar os continentes
- Alguns panos dobrados, como lenços para representar sedimentos
- Um espaço estreito entre mesas ou bancos, no qual a 'placa oceânica' pode ser subdividida puxando-a

### **Links úteis:**

Veja a animação em:

[https://www.youtube.com/watch?v=G2VQ6diA\\_0A](https://www.youtube.com/watch?v=G2VQ6diA_0A)

**Fonte:** Chris King da equipe do Geoideias (Fotos por Chris)

© **Earthlearningidea team.** *Earthlearningidea* busca produzir uma nova ideia de ensino de Ciências da Terra, a cada semana, a custo mínimo, com poucos recursos, para educadores e professores de Geografia ou Ciências de educação básica. Com o intuito de desenvolver uma rede global de apoio, promove-se uma discussão *online* em torno da ideia. *Earthlearningidea* tem pouco financiamento e a maior parte do trabalho é feita por esforço voluntário. Os autores abrem mão dos direitos autorais do conteúdo original contido nesta atividade se ela for utilizada em laboratório ou em sala de aula. Direitos autorais de materiais citados aqui, pertencentes a outras casas publicadoras, encontram-se com as mesmas. Toda organização que desejar usar este material deve contatar a equipe de *Earthlearningidea*. Foi empenhado o máximo esforço possível para localizar e entrar em contato com os detentores dos direitos dos materiais incluídos na atividade, com o propósito de obter permissão de uso. Contate-nos, porém, por favor, se você achar que seus direitos autorais estão sendo desrespeitados; agradecemos toda informação que ajude a atualizar os registros. A tradução/adaptação para Português foi realizada pela equipe do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG-Unicamp). Se você encontrar alguma dificuldade com a leitura dos documentos, por favor, entre em contato com o grupo *Earthlearningidea* para obter ajuda. Contate o grupo *Earthlearningidea* em: [info@earthlearningidea.com](mailto:info@earthlearningidea.com)

