



**O PROGRAMA GLOBE**

Um Programa Internacional de Educação e Ciência



Biosfera



Ciclo de Carbono

Modelagem e Sistemas do Ciclo do Carbono

# Ciclo do Carbono Sistemas e Modelagem

Leia o conteúdo do módulo e faça o teste a seguir para ganhar a Biosfera do GLOBE: Certificado do Ciclo de Carbono.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Visão Geral

Este módulo...

- Ensina por que o carbono é um elemento importante para os ecossistemas e como ele circula por eles.
- E apresenta:
  - sistemas e sus terminologias
  - modelagem e sua terminologia
- Descreve uma atividade de modelagem simples utilizando a simulação da Fábrica de Clipes de Papel e uma atividade mais complexa de Modelagem de Acúmulo de Biomassa
- Fornece uma breve visão geral dos modelos do Ciclo Global de Carbono



# Objetivos de Aprendizado

Após a conclusão deste módulo, você será capaz de:

- Fornecer definições de um sistema e um modelo
- Utilizar um diagrama para descrever um sistema.
- Explicar por que os modelos são ferramentas úteis para prever as respostas do sistema
- Utilizar a Fábrica de Clipes de Papel, o Modelo de Acúmulo de Biomassa e os Modelos do Ciclo Global de Carbono para ensinar aos alunos sobre modelagem de sistemas.

Tempo estimado para conclusão do módulo: 2 horas

- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado**
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Revisão: O que é o Ciclo de Carbono?

Carbono é o elemento mais abundante nos seres vivos. Está presente, também, na atmosfera, no solo, nos oceanos e na crosta do planeta. O **Ciclo Global do Carbono** é a movimentação do carbono entre a atmosfera, o solo e os oceanos.

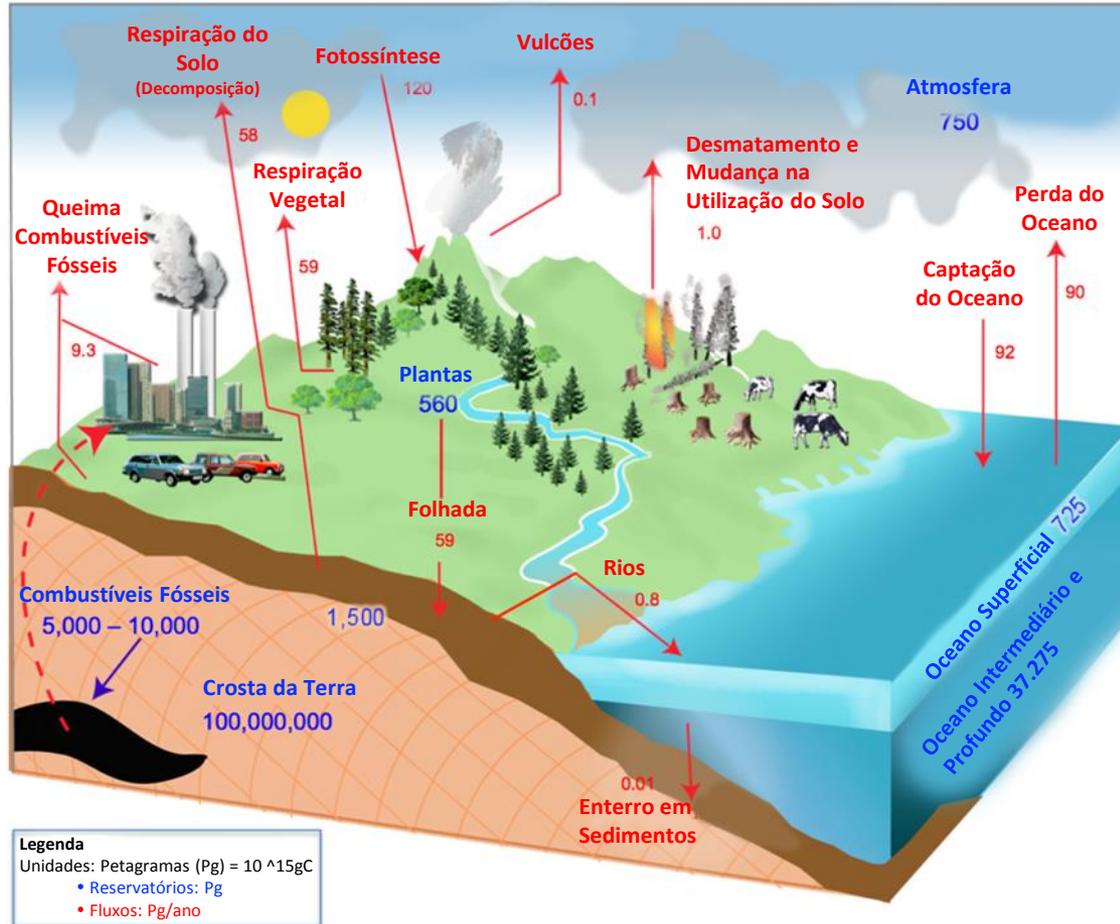
O ciclo global do carbono é um regulador chave do sistema climático da Terra e é fundamental para o funcionamento do ecossistema. O aumento do CO<sub>2</sub> é o principal contribuinte das mudanças climáticas. Compreender os ciclos dos ecossistemas e como armazenam carbono é essencial para entender as soluções para as mudanças climáticas.





- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# O Ciclo do Carbono



**Legenda**  
 Unidades: Petagramas (Pg) = 10<sup>15</sup>gC  
 • Reservatórios: Pg  
 • Fluxos: Pg/ano

**Reservatórios de Carbono:**  
 Um local de reunião de carbonos, medidos em Petagramas (Pg)

**Fluxos de Carbono:**  
 Movimentação do carbono entre reservatórios, medida em Petagramas/ano (Pg/ano)



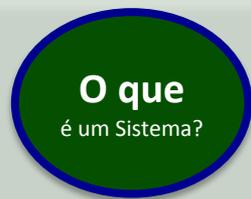
- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Revisão: Por Que Coletar Dados de Carbono?

Os cientistas coletam dados do ciclo de carbono para entender como os ecossistemas terrestres reagem a temperaturas mais quentes e níveis de CO<sub>2</sub> mais elevados.

Os dados do ciclo de carbono coletados com o GLOBE contribuem para uma melhor compreensão da relação entre o armazenamento de carbono em plantas e o clima da superfície.





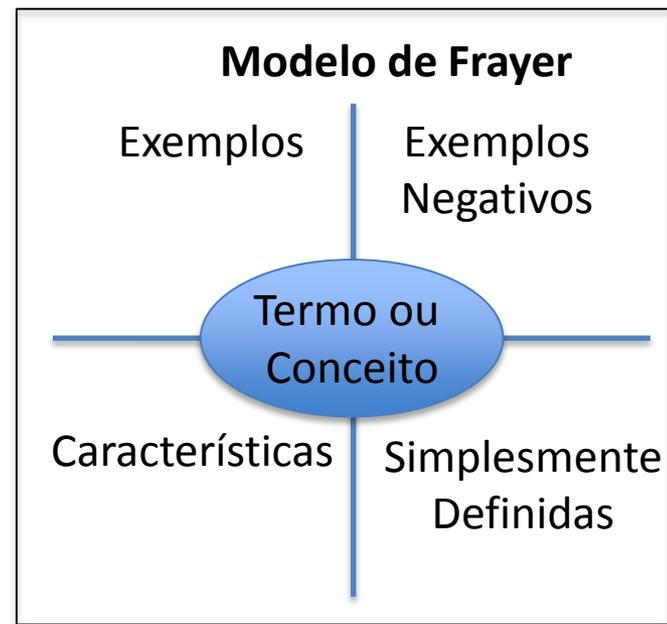
- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# O que é um Sistema?

Definição: Uma coleção de peças interligadas que funcionam como um todo complexo, através do qual a matéria circula e a energia flui.

Por que o GLOBE utiliza uma abordagem de 'concepção de sistemas' para entender o Ciclo de Carbono?

1. Os sistemas são um conceito unificador importante no programa de estudos do ensino fundamental e médio.
2. O ciclo de carbono real é extremamente complicado. Simplificá-lo como um sistema concentrado nos elementos mais importantes pode nos ajudar a entender por que a atmosfera está mudando e como ela pode ficar no futuro.



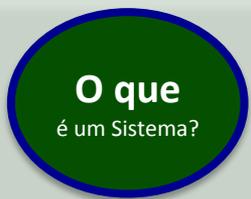
Utilize o [gabarito do Modelo de Frayer](#) para ajudar os alunos a definir um 'sistema'



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?**
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Características do Sistema

- Sistemas podem ser compostos por sistemas
- O todo é maior que a soma de suas partes
- Um sistema se modifica se uma ou mais de suas partes forem removidas
- Um sistema possui qualidades que podem não ser alcançadas simplesmente pela soma de cada uma de suas partes
- Sistemas podem ser fechados ou abertos.
- Sistemas podem ter *feedbacks*.

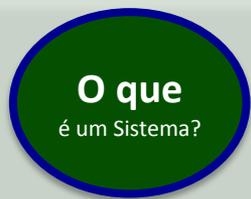


- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. **O que é um sistema?**
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## PARE!

- Você consegue pensar em um exemplo de um sistema?
- Você consegue pensar em um exemplo negativo (algo que não seja um sistema?)





- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

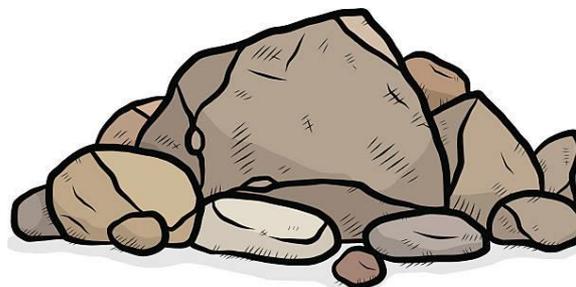
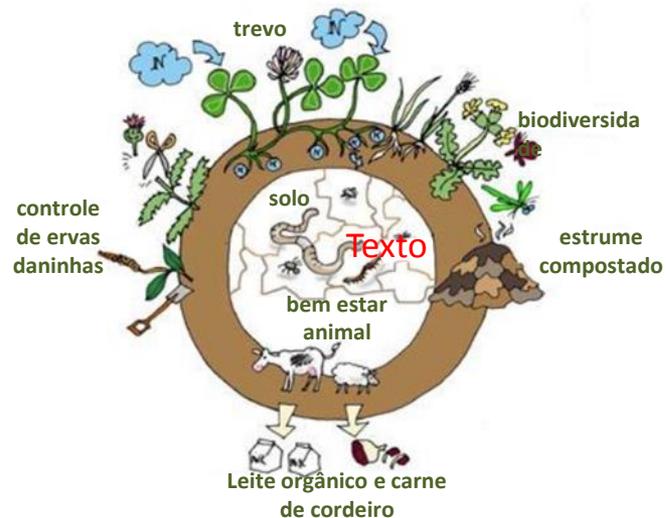
## Exemplos e Exemplos Negativos de Sistemas

- Exemplos de Sistemas:

- Bicicletas
- Fazendas
- Fábricas

- Exemplos Negativos:

- Rochas
- Sapatos
- Jarra de leite





- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Vocabulário dos Sistemas

- *Sistema Aberto* – um sistema que interage continuamente com seu ambiente. Transferência de informações, matéria ou energia pelo limite do sistema. Implica o suprimento inesgotável de energia disponível para o sistema.
- *Sistema Fechado* – um sistema que é independente em relação à transferência de matéria. Nenhuma matéria cruza o limite do sistema, mas a energia cruza. O universo é o único sistema verdadeiramente fechado.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Vocabulário dos Sistemas (continuação)

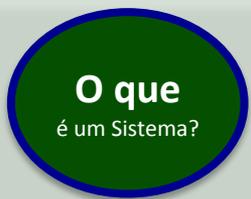
- *Feedback positivo*— uma resposta do sistema que o mantém se movimentando no mesmo sentido, amplificando a perturbação inicial ou forçando o sistema. Exemplo: quando a neve derrete, o solo mais escuro abaixo absorve mais da energia do sol, provocando mais derretimento da neve.
- *Feedback negativo* – uma resposta do sistema que equilibra ou reverte uma perturbação inicial no sistema. Exemplo: o termostato da sua casa aciona o aquecedor quando está muito frio. Quando a casa esquenta, o termostato desliga o aquecedor, mantendo uma temperatura constante.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Vocabulário dos Sistemas (continuação)

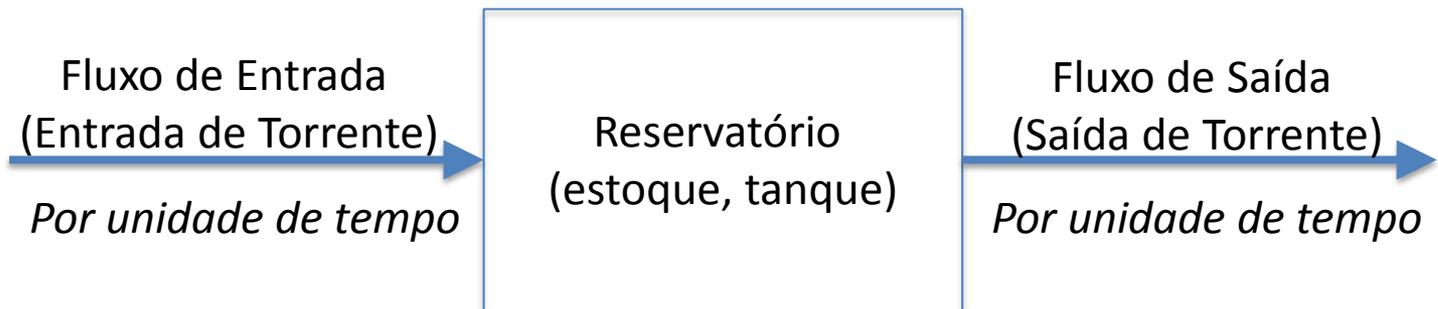
- *Reservatório (ou estoque, tanque)* – o depósito de material em uma parte do ambiente do sistema.
- *Torrente (ou fluxo)* – a movimentação de material de um reservatório a outro, por unidade de tempo.
- *Entrada (ou entrada de torrente)* – o fluxo de material que entra em um reservatório.
- *Saída (ou saída de torrente)* – o fluxo de material que deixa um reservatório.
- *Estado Constante (ou equilíbrio dinâmico)* – uma condição em que a entrada é igual à saída, resultando em um tamanho de reservatório constante.



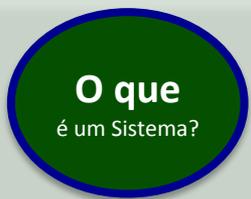
- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Diagrama dos Sistemas

Um estoque de 1 caixa e um diagrama de fluxo visualizam os componentes do sistema básico.



Uma vez que um sistema básico tenha sido representado em um diagrama, os modeladores podem adicionar *feedbacks* e definir relações utilizando equações matemáticas para que o sistema possa ser experimentado e observado com o passar do tempo e em diversas condições.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Vocabulário dos Sistemas (continuação)

- *Ritmo de troca* – a fração de material que deixa um reservatório em um intervalo de tempo especificado.  
Supondo que o sistema esteja em equilíbrio dinâmico (entrada de fluxo = saída de fluxo), então

$$\text{Ritmo de troca} = \frac{\text{Fluxo}}{\text{Estoque}}$$

- Tempo de permanência – o intervalo de tempo médio que o material passa em um reservatório determinado. Supondo que o sistema esteja em equilíbrio dinâmico (entrada de fluxo = saída de fluxo), então

$$\text{Tempo de Permanência} = \frac{\text{Estoque}}{\text{Fluxo}}$$

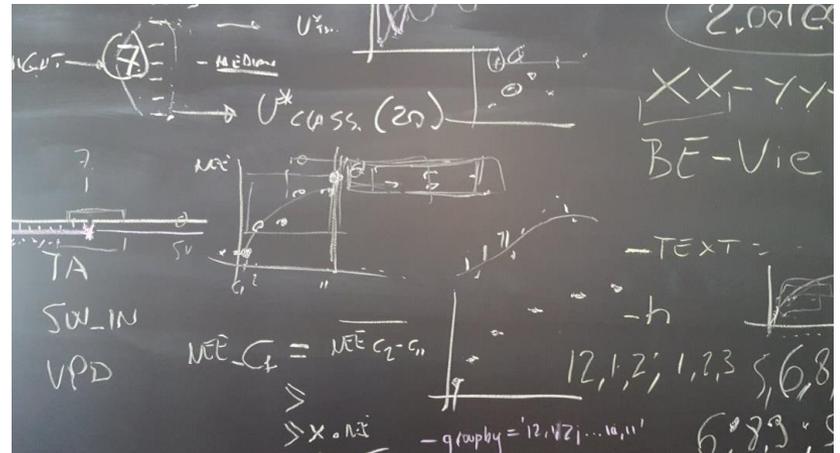


- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. **O que é um modelo?**
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# O que é um Modelo?

Modelos são ferramentas que nos ajudam a entender e explicar sistemas que são complexos ou difíceis demais de observar ou compreender por conta própria.

Alguns modelos apresentam equações matemáticas complexas, mas ainda podemos aprender bastante com modelos com funções matemáticas básicas, como adição, subtração, multiplicação e divisão.



Crédito da foto: Elizabeth Burakowski, 2016

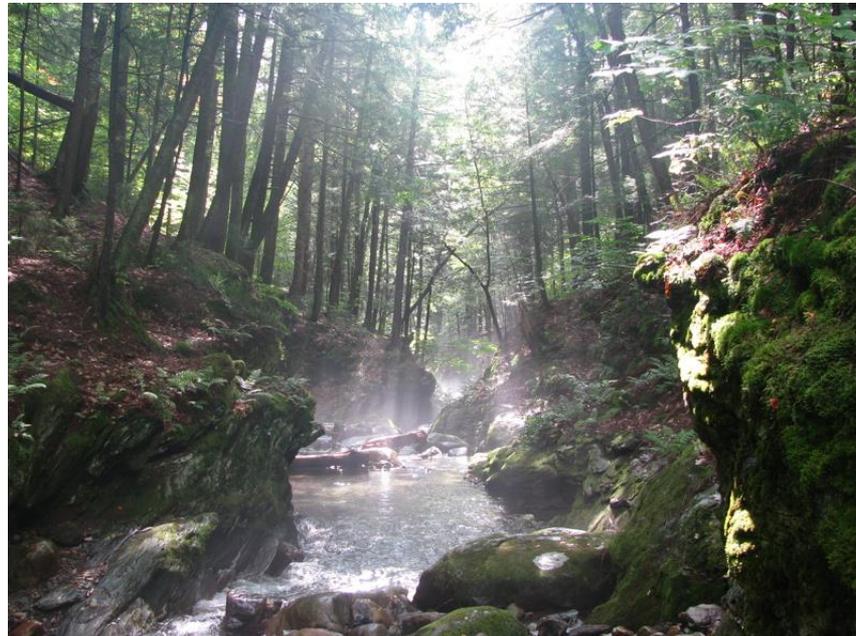
Um conjunto complexo de equações modelo de velocidade de atrito. Nem todos os modelos são tão complexos. Modelos simples com matemática básica são igualmente úteis.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?**
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Por que utilizar modelos?

Os cientistas utilizam modelos para examinar o comportamento fundamental de um sistema, como a forma com que o carbono é armazenado e circula por uma floresta.

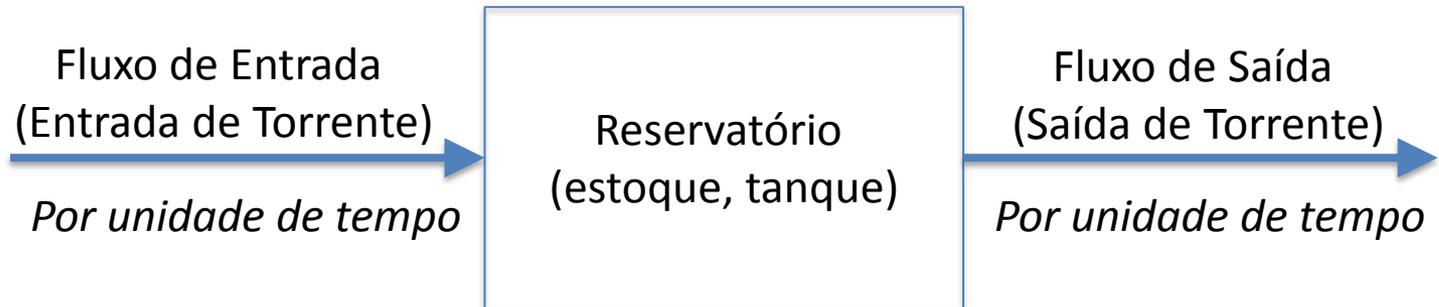




- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. **O que é um modelo?**
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Modelagem de Sistemas com o Modelo de 1 Caixa

O modelo de 1 caixa representa um componente individual de um sistema. A utilização desses modelos apresenta conceitos como entradas, saídas e tempo de permanência e mostra como eles podem produzir padrões específicos de mudança ao longo do tempo.



\*Um reservatório também pode ser denominado como um estoque ou tanque, uma torrente também pode ser denominada como um fluxo.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Modelo e Simulação de Clipe de Papel



[Simulação de Clipe de Papel](#) - Introdução à Concepção de Sistemas

(60 minutos + 30 extensão matemática).

## Resultados dos Alunos:

- Simular um sistema básico
- Coletar, registrar e analisar dados
- Criar um modelo de 1 caixa para aprender modelagem e termos de sistemas
- Manipular variáveis para obter um resultado esperado

## Materiais:

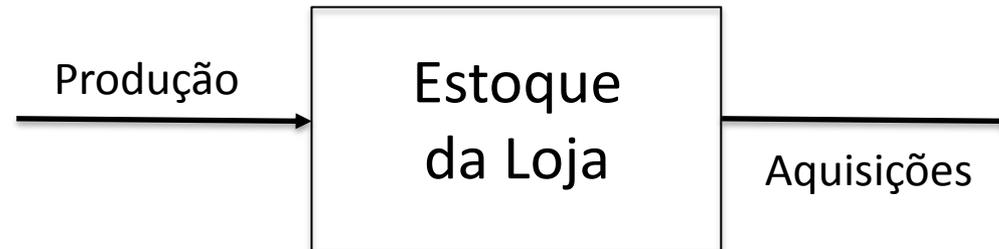
- Materiais de simulação: cliques de papel, campainha, cartazes e funções
- Tabela de Dados de Classe (em papel OU .xls) e Projetor E/OU Quadro Branco/papel grande com marcadores
- *Planilhas de Alunos e Tabela de Dados de Simulação de Clipe de Papel*



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# A Simulação de Clipe de Papel

Na simulação da fábrica de cliques de papel, os alunos identificam os componentes de um sistema em um modelo de 1 caixa:



Entre os componentes do modelo da fábrica de cliques de papel, figuram:

- Produção (entradas),
- Estoque da Loja (reservatório), e
- Aquisições (saídas)

Quando produção = aquisições, o estoque fica em “estado constante” ou equilíbrio.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# O Modelo Computadorizado da Simulação de Clipe de Papel

A versão interativa da simulação computadorizada do modelo está disponível na internet no seguinte endereço:

<https://exchange.iseesystems.com/public/globeprogam/paperclip-tutorial-model>

Siga as instruções da ferramenta da internet para ajudar a familiarizar os alunos com a ferramenta de modelagem isee. A utilização do tutorial do Clipe de Papel prepara os alunos para utilizar outros Modelos do Ciclo de Carbono do GLOBE, como o Modelo de Acúmulo de Biomassa e os Modelos do Ciclo Global de Carbono.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papéis**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# O Modelo Computadorizado da Simulação de Clipe de Papéis

[Página inicial](#) da Simulação da Fábrica de Clipes de Papéis. Clique em “About this Model” (A Respeito deste Modelo) para orientar passo a passo os alunos durante a construção do modelo.

## Simulação da Fábrica de Clipes de Papéis

*Um Laboratório de Aprendizado criado com o STELLA*



Bem-vindo à simulação da fábrica de clipes de papéis. Nesta simulação, você experimentará um modelo simples de uma empresa de fabricação de clipes de papéis.

Para visualizar o modelo do sistema, clique no botão “About this Model” (A Respeito deste Modelo). Quando estiver preparado para iniciar a experimentação, clique no botão “Set Initial Conditions” (Definir as Condições Iniciais).

About this Model

Set Initial Conditions

Model  
Map

Model  
Equations

Uma colaboração entre o Programa GLOBE, a isee systems inc. e a Universidade de New Hampshire



Powered by  
isee systems, inc.





- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# História do Modelo do Clipe de Papel

Este módulo mostra como o modelo é construído passo a passo, explicando cada componente do modelo de clipe de papel. Siga as instruções constantes da caixa amarela para avançar na história do modelo [na internet](#).

As caixas do sistema isee representam estoques ou reservatórios

Clique no botão home no canto superior direito para retornar à página inicial.

Essa caixa, intitulada Estoque, representa o estoque atual de clipes de papel na loja. O Estoque da Loja pode aumentar ou diminuir ao longo do tempo.  
Para avançar na história deste modelo, pressione a barra de espaço do seu teclado. Para recuar, pressione a tecla Backspace.

Powered by  
isee systems, inc.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# História do Modelo do Clipe de Papel

Cada componente do modelo é destacado em azul, um por um, com uma breve descrição do componente constante da caixa amarela.

As válvulas do sistema isee representam fluxos ou torrentes

À medida que a fábrica produz cliques de papel, mais cliques de papel são adicionados ao Estoque da Loja. Chamaremos esse afluxo de produção”.

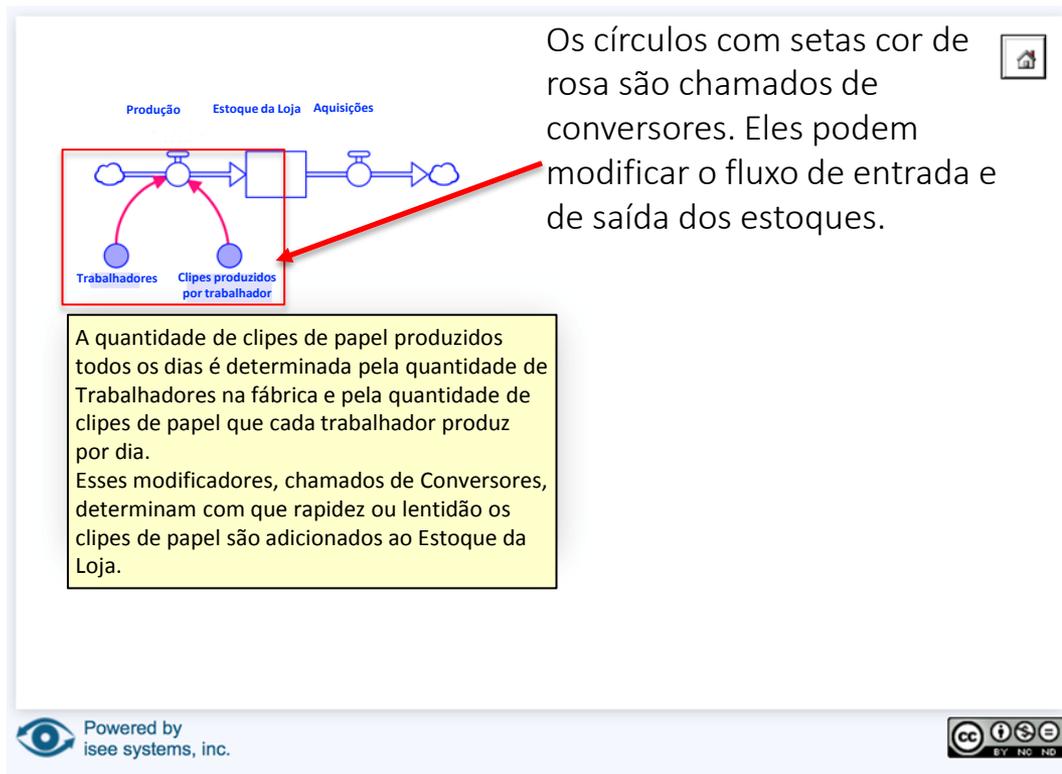
Powered by  
isee systems, inc.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Modelo Computadorizado de Clipe de Papel: Conversores

O modelo computadorizado de clipe de papel apresenta um novo termo de modelagem - conversores. Os conversores modificam os fluxos. No diagrama abaixo, a produção de cliques de papel é modificada pela quantidade de trabalhadores e pela quantidade de cliques produzidos por cada trabalhador.





- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Mapa Modelo de Clipe de Papel

Clique no Mapa Modelo da [página inicial](#) para visualizar todo o modelo e cada um de seus componentes.

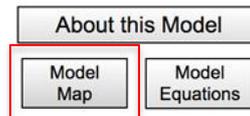
## Simulação da Fábrica de Clipes de Papel

*Um Laboratório de Aprendizado criado com o STELLA*



Bem-vindo à simulação da fábrica de cliques de papel. Nesta simulação, você experimentará um modelo simples de uma empresa de fabricação de cliques de papel.

Para visualizar o modelo do sistema, clique no botão "About this Model" (A Respeito deste Modelo). Quando estiver preparado para iniciar a experimentação, clique no botão "Set Initial Conditions" (Definir as Condições Iniciais).



Uma colaboração entre o Programa GLOBE, a isee systems inc. e a Universidade de New Hampshire

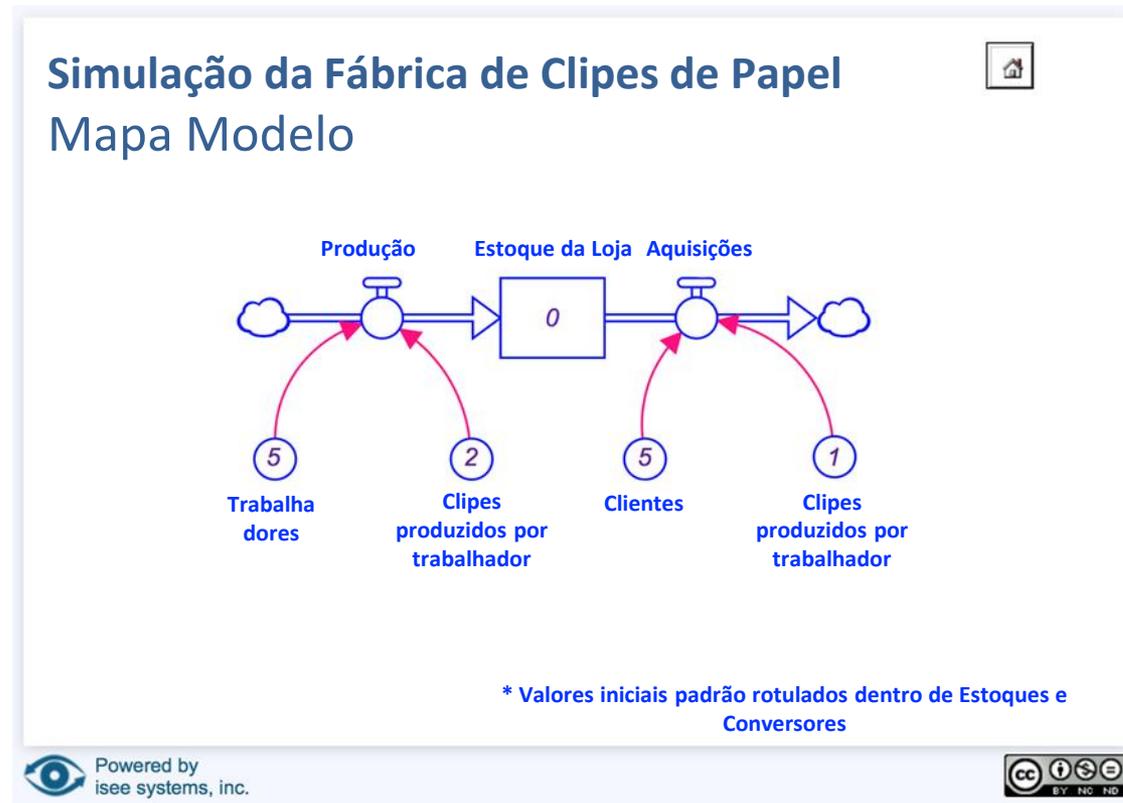




- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Mapa Modelo de Clipe de Papel

Além da história do modelo, os alunos podem visualizar todo o modelo clicando no Mapa Modelo na página inicial. Abaixo está todo o mapa modelo da Simulação da Fábrica de Clipes de Papel. Valores iniciais padrão são exibidos em cada componente. .





- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Definir as Condições Iniciais para começar

Pressione o botão “Set Initial Conditions” (Definir as Condições Iniciais) na [página inicial](#) para começar a utilizar o modelo.

## Simulação da Fábrica de Clipes de Papel

*Um Laboratório de Aprendizado criado com o STELLA*



Bem-vindo à simulação da fábrica de cliques de papel. Nesta simulação, você experimentará um modelo simples de uma empresa de fabricação de cliques de papel.

Para visualizar o modelo do sistema, clique no botão “About this Model” (A Respeito deste Modelo). Quando estiver preparado para iniciar a experimentação, clique no botão “Set Initial Conditions” (Definir as Condições Iniciais).

About this Model

Set Initial Conditions

Model  
Map

Model  
Equations

Uma colaboração entre o Programa GLOBE, a isee systems inc. e a Universidade de New Hampshire



Powered by  
isee systems, inc.





- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Definir as condições iniciais do Estoque da Loja de clipes de papel.

Após ter definido o estoque inicial utilizando o botão giratório à esquerda, clique em “Run simulation page” (Rodar página de simulação) para definir os conversores.

## Simulação da Fábrica de Clipes de Papel

### Condições Iniciais

Utilize este Botão Giratório para definir o valor inicial da quantidade de clipes de papel no Estoque da sua Loja.

É possível escolher um valor entre 0 e 50 clicando no Botão Giratório e girando-o para cima ou para baixo.

Para redefinir o Botão Giratório para o valor padrão, clique na tecla “~”

Arraste e clique no cursor do botão giratório para definir o estoque inicial. Esse é o seu reservatório, ou estoque.

**Run Simulation Page**

Powered by  
isee systems, inc.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Configurar os conversores para modificar os fluxos, e rodar a simulação.

A página [Run Simulation](#) (Rodar Simulação) da fábrica de cliques de papel.

**Paperclip Factory**  
**Run Simulation**

*Instructions*

**Workers**  
0 4 8

**Clips produced per worker**  
0 3 6

**Customers**  
0 4 8

**Clips purchased per customer**  
0 3 6

Days  
0 2 4 6 8 10

Store Inventory

Run Pause Stop Reset

View Table of Results

Set Initial Conditions

Powered by  
isee systems, inc.

CC BY NC ND

Configure os itens abaixo no menu à esquerda:

- Nº de trabalhadores
- Cliques produzidos por trabalhador
- Clientes
- Cliques adquiridos por cliente

Pressione o botão verde de 'Run' (Rodar) para iniciar a simulação.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Rodar a simulação de clipe de papel

Deixe a simulação rodar durante um dia. Peça aos alunos que calculem o estoque com base no estoque inicial da loja e nas opções selecionadas por eles no menu à esquerda. Compare o valor calculado deles com o gráfico.

**Paperclip Factory Run Simulation**

*Instructions*

Workers: 0 4 8

Clips produced per worker: 0 3 6

Customers: 0 4 8

Clips purchased per customer: 0 3 6

Days: 0 2 6 8 10

Store Inventory

View Table of Results

Set Initial Conditions

Powered by isee systems, inc.

CC BY-NC-ND

Pressione o botão de pausa para interromper temporariamente a simulação. Nós pausamos no dia 1.

O gráfico mostra o número de dias no eixo x (horizontal) e o estoque da loja no eixo y (vertical).



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Rodar a simulação de clipe de papel

Deixe a simulação rodar por mais alguns dias e observe o estoque da loja aumentar. Questionar os alunos utilizando a terminologia de sistemas. Por que o estoque está aumentando? Porque o fluxo de entrada (produção dos trabalhadores) é maior que o fluxo de saída (aquisições dos clientes).

Depois de três dias de simulação, o estoque da loja agora é de 25 cliques de papel.

Os alunos também podem clicar em “View Table of Results” (Visualizar Tabela de Resultados) para examinar os cálculos do modelo.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel**
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Examinar a tabela de resultados

Além da exibição gráfica dos resultados, os alunos podem comparar cálculos de lápis e papel com a tabela de resultados. O gráfico do slide anterior representa o estoque da loja (eixo y) ao longo do tempo (eixo x; quantidade de dias na coluna 1 da tabela abaixo).

**Paperclip Factory**

## Table of Results

Table 1: Results							
	Clips produced per worker	Workers	Producing	Clips purchased per customer	Customers	Purchasing	Store Inventory
0	2	5	10	1	5	5	10
1	2	5	10	1	5	5	15
2	2	5	10	1	5	5	20
3							25
4							
5							
6							
7							
8							
9							
Final							

Powered by  
isee systems, inc.

Depois de três dias de simulação, o estoque da loja agora é de 25 cliques de papel.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa**
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Modelo de Acúmulo de Biomassa

O Modelo de Acúmulo de Biomassa utiliza temperatura e precipitação para prever a produtividade primária líquida (PPL, crescimento vegetal líquido) e, em seguida, adiciona a velocidade aproximada da rotatividade proveniente do tipo de bioma para calcular o armazenamento de carbono e biomassa.

**Global Biomass Accumulation Model**  
Based on Temperature, Precipitation and Biome

NPP (gnet/yr/m<sup>2</sup>)

0-2000
2000-4000
4000-6000
6000-8000
8000-10000
10000-12000
12000-14000
14000-16000
16000-18000
18000-20000
20000-22000
22000-24000
24000-26000
26000-27000

Global Average Annual Net Primary Productivity

This is a one-box model, which uses annual temperature and precipitation, to predict net primary productivity (net plant growth), and then adds in turnover rate approximated from biome type to calculate biomass, and carbon storage.

Observe how mean annual temperature and mean annual precipitation affects the capability of plants in your region to store carbon. Compare this to locations in other biomes. Can you answer any other questions using this model?

To learn about the science in this model, click "About this Model". When you are ready to use the model click on "Model Variables" to get started.

Click the buttons to navigate!

About this Model

Model Variables

NPP Movie: From NASA Earth Observatory

Model Map

Model Equations

Explore o Modelo de Acúmulo de Biomassa:

<https://exchange.iseesystems.com/public/globeprogram/biomass-accumulation-model>

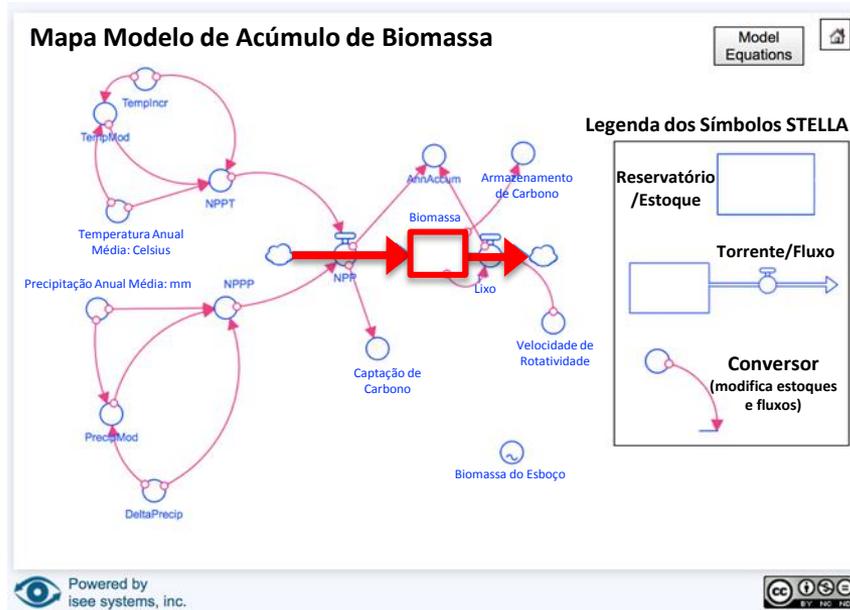
Assim como com o Modelo de Clipe de Papel, é possível explorar a História do Modelo clicando no botão 'About This Model' (A Respeito Deste Modelo).



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Mapa Modelo de Acúmulo de Biomassa

À primeira vista, pode ser difícil para os alunos ver onde estão a caixa e as setas. Destacamos a caixa e as setas em vermelho abaixo. Os pequenos círculos azuis e setas cor de rosa apontando para as setas azuis de fluxo são conversores que modificam os fluxos no interior da caixa ou no estoque. O Guia do Professor apresenta aos alunos o modelo computadorizado simples e possibilita que identifiquem e descrevam os efeitos de diversas variáveis do modelo por meio de testes de isolamento.



Mapa Modelo do Mapa de Acúmulo de Biomassa. Os símbolos de nuvem representam locais em que outros reservatórios podem se conectar em um modelo mais complexo.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa**
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Modelo de Acúmulo de Biomassa

Dois conversores no modelo modificam a produção primária líquida (PPL, biomassa acumulada no reservatório da planta), impulsionados pelas temperatura e precipitação, utilizando as equações ilustradas abaixo. Para obter maiores informações sobre como o modelo funciona, abra o [modelo na internet](#) e clique em 'Model Story' (História do Modelo).

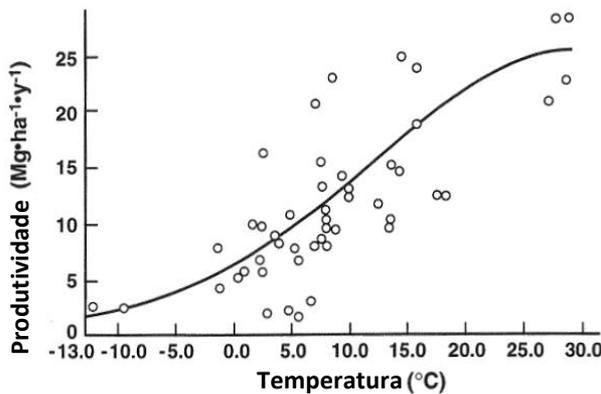


Figura 1. Equação de Leith relacionando PPL e temperatura.

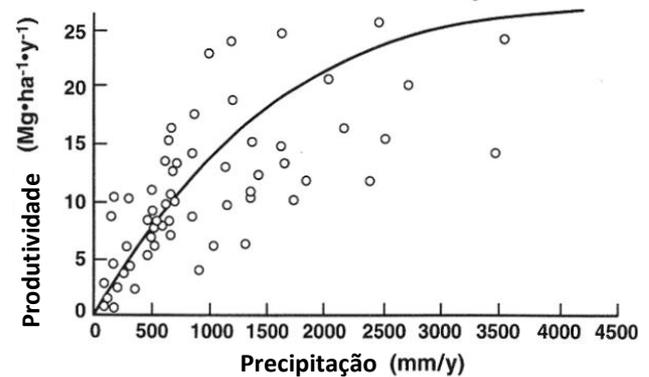


Figura 2. Equação de Leith relacionando PPL e precipitação.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Modelo de Acúmulo de Biomassa

Para começar com o Modelo de Acúmulo de Biomassa, clique no botão “Model Variables” (Variáveis do Modelo) e siga as instruções que o orientarão nas condições iniciais.

### Modelo Global de Acúmulo de Biomassa

Com Base em Temperatura, Precipitação e Bioma

Média Global Anual de Produtividade Primária Líquida

**NPP Movie:**  
From NASA  
Earth  
Observatory

Model  
Map

Model  
Equations

Click the buttons to  
navigate!

About this Model

**Model Variables**

Este é um modelo compacto, que utiliza a temperatura e a precipitação anuais para prever a produtividade primária líquida (crescimento vegetal líquido) e, em seguida, adiciona a velocidade aproximada da rotatividade proveniente do tipo de bioma para calcular o armazenamento de carbono e biomassa.

Observe como a temperatura média anual e a precipitação média anual afetam a capacidade das plantas de sua região em armazenar carbono. Compare com locais em outros biomas. Você pode responder a qualquer outra pergunta utilizando este modelo?

Para aprender sobre a ciência deste modelo, clique em “About this Model” (A Respeito deste Modelo). Quando estiver preparado para utilizar o modelo, clique em “Model Variables” (Variáveis do Modelo) para começar.



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# BAM: Variáveis do Modelo

Siga as instruções do menu à esquerda para alterar as entradas do modelo: Temperatura Anual Média, Precipitação Anual Média e Velocidade de Rotatividade.

Utilize o [Guia do Professor e as Planilhas dos Alunos associadas](#) para entender como a biomassa muda com a temperatura e a precipitação.

### Variáveis do Modelo

**INSTRUÇÕES**

Para rodar o modelo, insira valores para cada variável de modelo na tabela de entrada à sua direita. (ex.: Mude 7,1°C para a sua temperatura média anual local.)  
**Se você não souber quais valores inserir para sua investigação, clique nos botões Dados Climáticos e Velocidade de Rotatividade para auxiliá-lo.**  
 Se você estiver utilizando a *Planilha do Aluno 2*, certifique-se de registrar essa informação na tabela abaixo de Atividade 1.

Climate Data
Turnover Rate

INPUT TABLE	
Mean Annual Temperature: Celsius	7.1
Mean Annual Precipitation: mm	1100
TurnoverRate	0.05

Go to Model Run Page

Como você aprendeu ao longo da história, o crescimento da vegetação (PPL) e o armazenamento total de carbono e biomassa do ecossistema em largas escalas dependem do tipo do bioma. O bioma inclui fatores vegetais, como estrutura, tipo e espaçamento das folhas, além de fatores climáticos, como temperatura e precipitação, que são afetados pela latitude, longitude e elevação.

Powered by  
isee systems, inc.

Advanced Activities



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa**
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Tutorial do Modelo de Acúmulo de Biomassa

Este tutorial em vídeo de 5 minutos apresenta o Modelo de Acúmulo de Biomassa e descreve como alterar as variáveis do modelo e concluir uma execução do modelo.

O vídeo exige o Adicional gratuito do PowerPoint “Web Video Player”. Acesse “Insert” (Inserir) → “Add-Ins” (Adicionais) → “Store” (Loja) → Buscar “Web Video Player”. Como alternativa, acesse o seguinte link de vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=K8vQvYOPrVU&feature=youtu.be>



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa**
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Modelo de Acúmulo de Biomassa- Atividades Avançadas

Os alunos também podem explorar o efeito de projeções futuras de temperatura e precipitação sobre o acúmulo de biomassa. Para obter mais informações e orientações para os alunos, consulte a *Planilha do Aluno 3* do [Guia do Professor](#).

**Entradas Avançadas para Cenários de Mudança Climática** Model Run Page Change Model Variables

Após ter feito execuções básicas utilizando as informações climáticas atuais do mundo para cada bioma, experimente o que pode acontecer em condições climáticas variáveis. Esses mostradores de entrada permitem definir uma alteração que ocorrerá ao longo de vários anos. Por exemplo, se TempIncr estiver definido como 5, a temperatura subirá um pouco a cada ano, e no último ano da execução, a temperatura será 5 graus a mais que a entrada original de Temperatura. O DeltaPrecip funciona da mesma maneira. A velocidade da mudança utilizada neste modelo é baseada nas mudanças citadas nos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Para zerar os padrões, clique no botão com a seta para trás.

Gire o botão giratório para inserir a mudança desejada na precipitação e na temperatura a partir dos valores atuais ao longo do tempo de execução do modelo (ou seja, 100 anos).

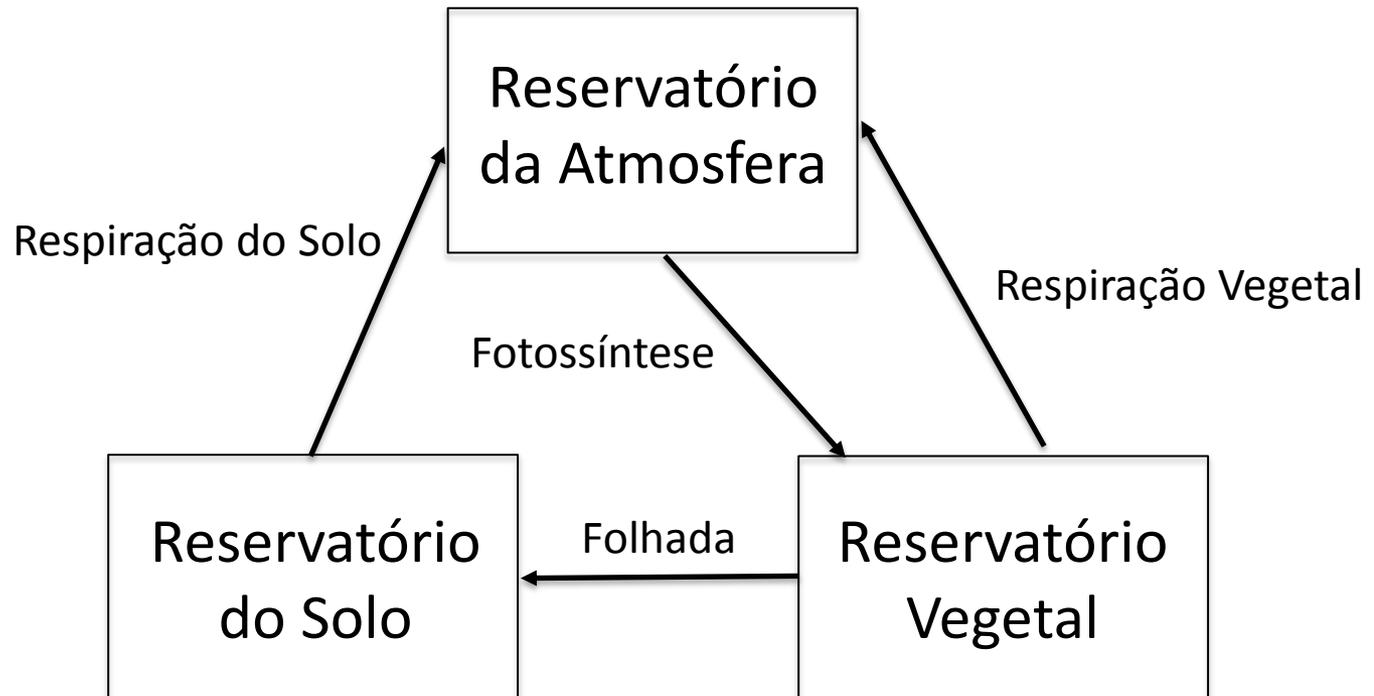
TempIncr	DeltaPrecip
Graus Celsius	mm totais por ano



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Modelos de Caixas e Setas

Juntar muitas caixas (reservatórios) e setas (fluxos) produz um modelo “de caixas e setas”. Esse tipo de modelo permite simular a movimentação da matéria através de sistemas mais complexos. Por exemplo, o modelo abaixo mostra a movimentação do carbono através da Atmosfera, do Solo e dos Reservatório Vegetais do Ciclo do Carbono:





- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

# Modelo Simples do Ciclo Global de Carbono

O [modelo do Ciclo Global de Carbono](#) na internet liga as três caixas (estoques) do slide anterior utilizando setas (fluxos). Observe o acréscimo do reservatório de combustíveis fósseis que adiciona carbono à atmosfera através da combustão de combustíveis fósseis, e do reservatório oceânico que transfere o carbono de/para a atmosfera e os solos. Nas atividades descritas no [Guia do Professor de Modelagem do Ciclo Global do Carbono](#), os alunos comparam os efeitos pré- e pós-revolução industrial dos combustíveis fósseis no ciclo global do carbono.

### Modelo do Ciclo Global de Carbono

**Legenda**  
 Unidades: Petagramas (Pg) = 10<sup>15</sup>gC  
 • Reservatórios: Pg  
 • Fluxos: Pg/ano

**Use the buttons to navigate!** Model Run Page Model Map Model Equations

GLOBE\*2017 Diagrama do Ciclo Global de Carbono Biosfera Fontes dos Dados: Adotado com Base em Houghton, R.L. Equilibrando o Orçamento Global de Carbono. Rev. Anu. Planeta Terra. So. 007.35:313347, os valores atualizados das emissões do Projeto Global de Carbono: Orçamento de Carbono de 2017. Diagrama criado por uma colaboração entre a UNH, a Charles University e o Programa GLOBE.

### Mapa Modelo

**Model Equations** **Model Run Page**

**Legenda dos Símbolos STELLA:**  
 Reservatório /Estoque  
 Torrente/Fluxo  
 Conversor (modifica estoques e fluxos)

Powered by isee systems, inc. CC BY-NC-ND



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Modelo Avançado do Ciclo Global de Carbono com *Feedbacks*

No [Modelo Avançado do Ciclo Global de Carbono](#), os alunos podem explorar o efeito dos *feedbacks* positivos e negativos no Sistema Terrestre. Observe o acréscimo de vários conversores (círculos azuis com setas cor de rosa) no mapa modelo. Dois dos *feedbacks* incluem o *feedback* de CO<sub>2</sub> e o de temperatura, que os alunos explorarão na Atividade 3: Modelo Complexo, descrito no [Guia do Professor](#).

### Modelo do Ciclo Global de Carbono com *Feedbacks*

**Legenda**  
 Unidades: Petagramas (Pg) = 10<sup>15</sup>gC  
 • Reservatórios: Pg  
 • Fluxos: Pg/ano

**Use the buttons to navigate!**

Model Run Page    Model Map    Model Equations

Powered by **isee systems, inc.**

O Modelo do Ciclo Global de Carbono com *Feedbacks* baseia-se no Modelo Simples do Ciclo Global de Carbono, incluindo *feedbacks* do ecossistema e novos parâmetros como efeitos de temperatura e CO<sub>2</sub>, mais reservatórios de carbono, e biota marinha.

Utilize este modelo para explorar como o carbono se movimenta pelo sistema Terrestre, como os reservatórios e fluxos interagem, e como as ações humanas podem impactar o ciclo do carbono.

Quando estiver preparado para começar, clique no botão "Model Run Page" (Página de Execução do Modelo).

Para explorar ainda mais o modelo, clique nos botões "Model Map" (Mapa Modelo) e "Model Equations" (Equações do Modelo).

### Mapa Modelo

**Model Run Page**

**Model Equations Page**

Powered by **isee systems, inc.**



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

## Perguntas do Questionário

Desafie-se a responder estas perguntas e verifique se alcançou os objetivos de aprendizagem deste modelo.

1. O que é um sistema?
2. Quais as três características de um sistema?
3. O que é um modelo?
4. Por que os cientistas utilizam modelos?
5. Quais são os componentes de um modelo de 1 caixa?
6. É possível definir equilíbrio utilizando a terminologia dos Sistemas Terrestres?
7. Nos modelos de Clipe de Papel e Biomassa, que botão você pode clicar para saber mais sobre como o modelo funciona e a ciência por trás dele?
8. Quais são os três insumos do Modelo de Acúmulo de Biomassa?
9. Qual(is) dos modelos do GLOBE inclui(em) *feedbacks* do sistema?



- A. Visão Geral
- B. Objetivos de Aprendizado
- C. O que é o Ciclo de Carbono?
- D. O que é um sistema?
- E. O que é um modelo?
- F. Por que utilizar modelos?
- G. Simulação de Clipe de Papel
- H. Modelo de acúmulo de biomassa
- I. Modelos do Ciclo Global de Carbono
- J. Pergunte a Si Mesmo
- K. Outras Informações

Matéria e Vídeo da NASA, "A Breathing Planet, Off Balance"  
(Um Planeta que Respira, Desequilibrado):

<https://www.nasa.gov/feature/goddard/carbon-climate>

Página da Mudança Climática Global NASA na Internet:

<https://climate.nasa.gov/>

Projeto Global de Carbono

(<http://www.globalcarbonproject.org>)

Introdução à Modelagem e aos Sistemas do Ciclo de Carbono do GLOBE

([Clique para Abrir o PDF](#))

isee systems exchange (modelos computadorizados na internet):

(<http://exchange.iseesystems.com>)