

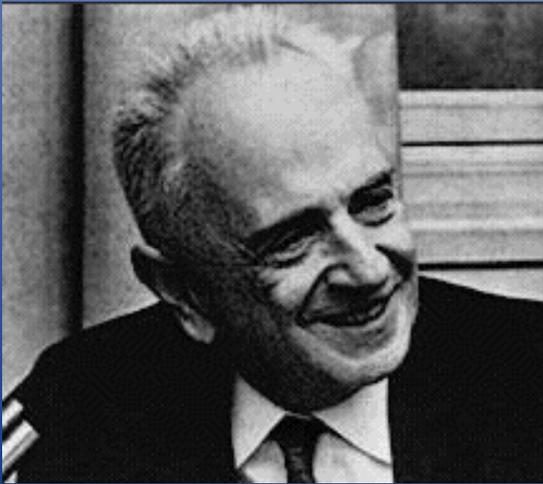
ALTRUÍSMO SUA ORIGEM BIOLÓGICA

Alaor Chaves – UFMG

Palestra proferida na UFF e
USP – São Carlos

Paradoxo do altruísmo

Na teoria da evolução biológica, o altruísmo é paradoxal. Pois ao praticar altruísmo o indivíduo está agindo contra os seus interesses em benefício dos interesses de outros membros do seu grupo. **Charles Darwin** reconheceu o paradoxo, para o qual buscou explicações, sem sucesso. Segundo ele, **essa dificuldade poderia acabar por demolir toda a sua teoria.**



**Dobzhansky: “Em biologia nada faz sentido exceto à luz da evolução.”
Portanto, o altruísmo é um paradoxo biológico**

Theodosius Dobzhansky

Darwin achou especialmente desafiador o comportamento altruísta de insetos eusociais como **formigas, abelhas e vespas**.

Em uma colônia desses insetos há uma única fêmea adulta fértil, a **rainha**. As outras fêmeas são estéreis e se dedicam a cuidar da colônia.

Na teoria da evolução de Darwin, o sucesso reprodutivo é o único critério de adaptabilidade de um organismo.

O paradoxo de Darwin vagou por mais de um século.

Sua solução exigiu avanços na própria teoria. Exigiu também o reconhecimento e tratamento distinto de dois tipos de altruísmo:

- **Altruísmo de parentes**
- **Altruísmo recíproco.**

Este último é **pseudo-altruísmo**

No comportamento animal, a teoria de Darwin **premia o egoísmo**. As tentativas de explicar o altruísmo apelaram para:

- Seleção de grupo
- Seleção de espécie

Alguma coisa tem de ser egoísta, mas ela não é necessariamente o organismo!

Mas, alto lá!

Em um dado grupo, os indivíduos altruístas têm seu sucesso reprodutivo reduzido.

Conclusão: a ocorrência de genes de altruísmo não deve ultrapassar a originária de mutações.

visão da evolução centrada nos genes

Um dado gene não está só em um organismo, mas em vários. Certos genes podem programar o comportamento do organismo de maneira que ele reduza o seu sucesso reprodutivo, desde que aumente na geração seguinte a ocorrência dos referidos genes.

Quem tem de ser egoísta não é o organismo, mas o gene!



Em 1957, Haldane disse que estava disposto a sacrificar a vida pela de 2 irmãos ou 8 primos

Haldane raciocinou pela lógica dos genes:

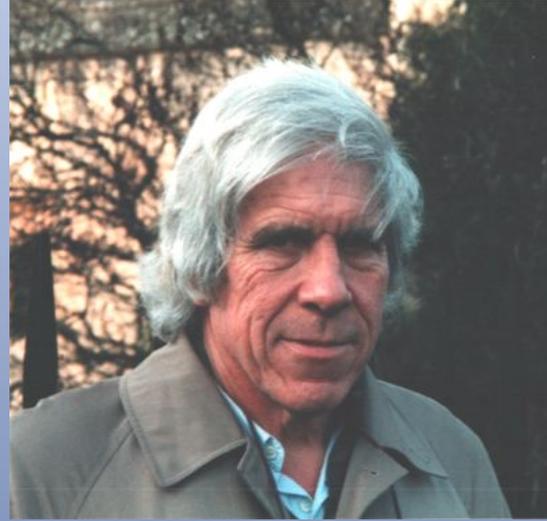
Irmãos bilaterais compartilham $1/2$ dos genes

Primos compartilham $1/8$ dos genes

J B S Haldane
1890 – 1964



George C Williams



William D Hamilton



Richard Dawkins

George Williams (1926 – 2010) refutou, com argumentos de genética populacional, a ideia de seleção de grupos.

William Hamilton (1936 – 2000) desenvolveu a **teoria da seleção de parentesco (1964)**.

Richard Dawkins (1943 –) publicou em 1976 o livro **O Gene Egoísta**.

Como pode um gene ser egoísta?

Um dado gene aparece não só em um organismo. Suas cópias são mais frequentes em organismos parentes .

Seja r a fração de genes que 2 organismos compartilham . Para pai-filho $r = 1/2$, para irmão-irmão $r = 1/2$, para tio-sobrinho $r = 1/4$, para primos, $r = 1/8$ etc.

Na genética populacional, o **custo C** é a perda relativa do sucesso reprodutivo de quem presta o benefício (**ator**).

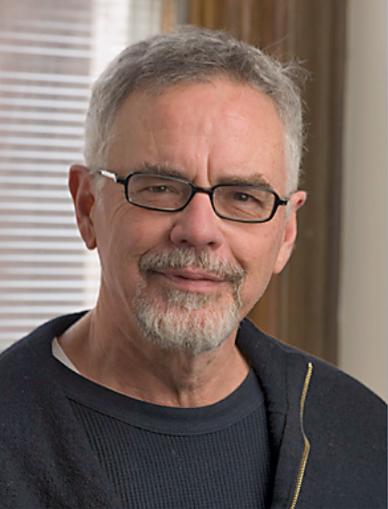
O **benefício B** é o aumento relativo do sucesso reprodutivo do recipiente (**beneficiado**). Pela lógica do interesse do gene, a ação altruísta é benéfica se

$$C < r B. \quad (\text{Critério de Hamilton})$$



Alguns aspectos da teoria de Hamilton são dignos de nota.

Pais são mais dispostos a se sacrificar pelos filhos do que os filhos pelos pais. Veremos de onde vem essa assimetria.



Robert Trivers

conflito entre gerações, primeiro estudado (1974) por Robert Trivers.

O filho tenta maximizar para si os benefícios prestados pela mãe desde quando é feto. Já a mãe, busca distribuir os benefícios entre os filhos de maneira a aumentar sua prole sobrevivente.

O feto produz hormônios que resultam na maximização de sangue oxigenado na placenta. Isso gera problemas circulatórios em outras partes do corpo da mãe.



Os gorilas são muito mais prestativos aos animais imaturos do bando do que os chimpanzés.

Por quê? A lógica dos genes explica isso muito bem. Um gorila imaturo muito provavelmente é filho do gorila adulto dominador, que forma haréns. Já no caso dos chimpanzés, que formam bandos sexualmente promíscuos, não se sabe quem é o pai do animal imaturo.

Mas a lógica dos genes pode ser cruel.

Quando um novo gorila assume o papel de alfa no bando, mata todos os filhotes que estejam sendo amamentados. Assim manda o gene egoísta. Pois enquanto amamenta, a fêmea não ovula.

Além do mais, os antigos filhotes serão competidores dos filhos do novo alfa.

Sistema haplodiploide de reprodução



No sistema diploide de reprodução sexuada, tanto machos como fêmeas têm cromossomos pareados. O que diferencia macho e fêmea é a natureza do último par de cromossomos: (X,X) resulta em fêmea e (X,Y) resulta em macho.

Mas na ordem *Hymenoptera*, à qual pertencem as formigas, abelhas e vespas, o sistema de **reprodução é haplodiploide**.

Em uma colônia só há uma fêmea adulta fértil, a rainha. Quando uma nova fêmea fértil atinge a maturidade, sai da colônia no voo nupcial, acasala-se com um único macho e armazena os espermatozoides para toda a vida.

Inicia uma nova colônia. Não fecunda todos os seus óvulos. **Os óvulos fecundados conterão espermatozoides pareados e gerarão fêmeas. Os não fecundados conterão um conjunto simples de cromossomos e gerarão machos.**

As larvas com cromossomos pareados se tornarão fêmeas férteis (rainhas) ou fêmeas estéreis (operárias) dependendo da alimentação que receberem.

Operárias é um termo que designa um sistema de castas, definidas pelo método de alimentação: operárias, soldados...

Regra de parentesco dos haplodiploides:

A mãe tem com filhos ou filhas um grau de parentesco $r = 1/2$.

O grau de parentesco entre irmãs é $r = 3/4$.

Nesse caso, as fêmeas transmitirão mais cópias dos seus genes se abrirem mão da maternidade e destinarem seu esforço aos cuidados das suas irmãs mais novas.

Os himenópteros apresentam o mais elevado grau de altruísmo do reino animal e também são os mais bem sucedidos animais multicelulares do planeta. Nas florestas tropicais os himenópteros podem responder por até um terço, em massa, de todos os animais.

De um avião sobrevoando a Amazônia pode-se perceber ácido fólico emanado pelas formigas.

Manifestação peculiar do **conflito de gerações** nos himenópteros, prevista por **Trivers**.

Para os diploides, na lógica dos genes da mãe, a razão ideal entre o número de filhos e de filhas é igual a 1.

O mesmo ocorre nos haplodiploides, do ponto de vista da mãe. Mas do ponto de vista dos genes das operárias a razão ideal é 3 machos para cada fêmea.

A razão observada depende da espécie, mas é sempre maior do que 1. **Em alguns casos, igual a 3!**

Associado ao altruísmo, evoluiu o antagonismo entre grupos de animais sociais. Quanto mais cooperativos dentro do grupo, mais agressivos com membros de outros grupos. **O tribalismo humano nasceu daí.**

As colônias de formigas vivem em permanente guerra. Membros de uma colônia se reconhecem pelo cheiro. Caso contrário, a colônia se autodestruiria.

Bert Holldrober e Edward O Wilson (2008) comentam: “Se as formigas possuísem armas nucleares destruiriam a vida em uma semana.”

Formigas não se limitam a matar as concorrentes, também as **escravizam**.

As operárias das espécies colonizadoras acabam tendo de trabalhar pouco. Pela lógica dos genes, elas deveriam cuidar das larvas de modo que se tornassem predominantemente soldados. Não sei de confirmação dessa predição.

Altruísmo entre espécies

Protocooperação, simbiose.

Relação entre formigas e afídeos



Macacos vervet são cooperativos, mas agressivos com os que se comportam de forma egoísta

Foto: Stewart Kendall/Allstar

Altruísmo Recíproco

A **cooperação (altruísmo recíproco)** é comum nos animais sociais. Uma manifestação comum dessa cooperação é a reciprocidade “eu te coço, tu me coças”.

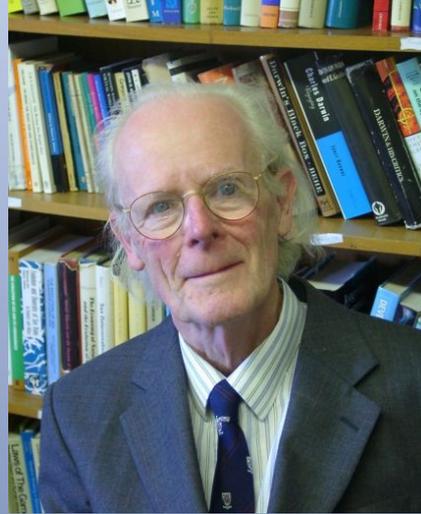
Sua compreensão requereu a análise por meio da teoria dos jogos.

O altruísmo recíproco foi investigado em várias espécies animais.

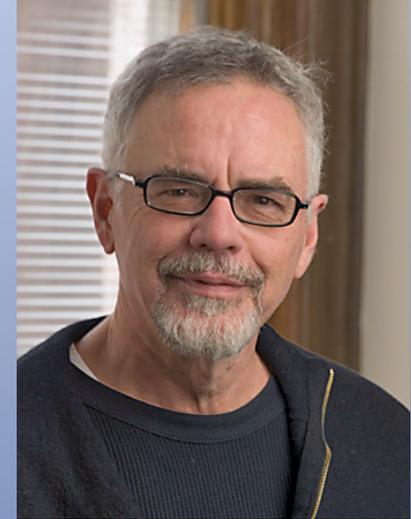
Exemplo: **morcegos vampiros** . Se um morcego não consegue alimentar-se adequadamente em uma noite, no dia seguinte outro mais afortunado regurgita sangue na boca do que ficou faminto.



John von Neumann



John Maynard Smith



Robert Trivers

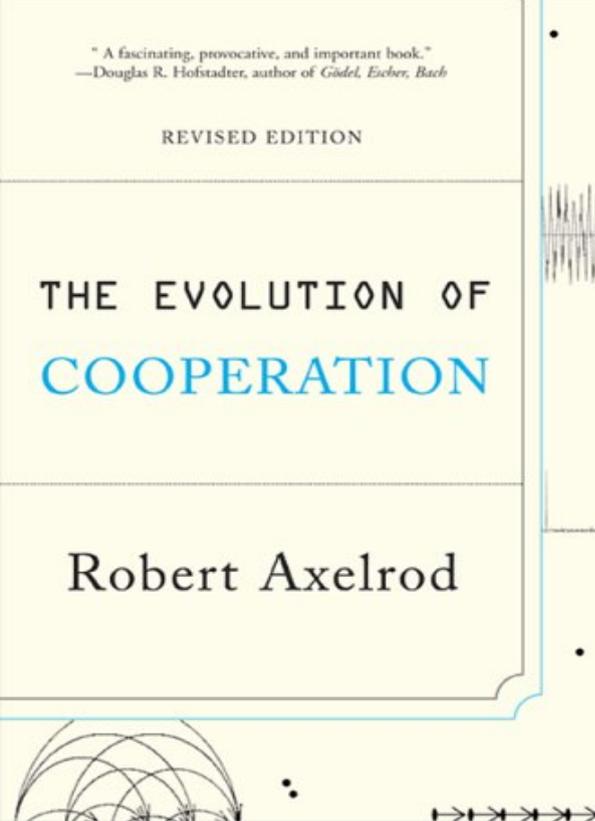
A teoria dos jogos foi desenvolvida **von Neumann**. Ela estuda estratégias usadas por agentes concorrentes.

Em 1971, **Robert Trivers** desenvolveu a teoria do altruísmo recíproco. Segundo a teoria, animais que interagem com frequência podem ambos ter ganhos caso cooperem .

Em 1973, **Maynard Smith** aplicou a teoria dos jogos à teoria do altruísmo recíproco.

O altruísmo recíproco apresenta uma dificuldade imediata: Em um grupo de altruístas, um mutante egoísta recebe benefícios sem nenhum custo.

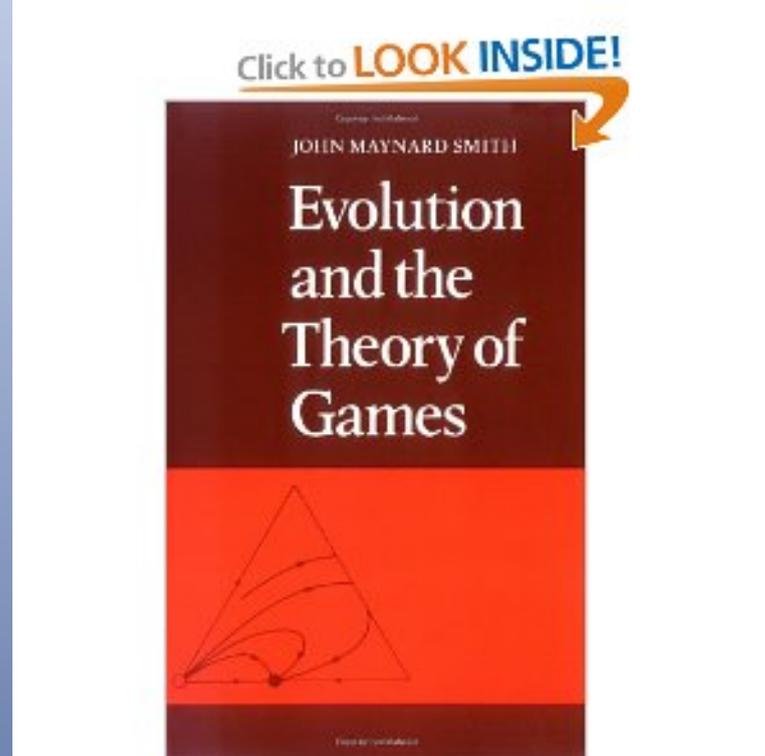
Trivers mostrou que para que o gene do altruísmo se fixe é necessário que os membros do grupo reconheçam os egoístas e adotem estratégias em que eles deixem de receber benefícios.



Livro de 2006

The Evolution of Cooperation - R. Axelrod and W. D. Hamilton
Science, vol 211, 1390 (1981)

Artigo citado mais de 21 mil vezes!



Livro de 1981. 17th reimpressão 2010

As estratégias, em animais que não desenvolvem cultura, são comportamentos automáticos (instintivos). Instintos operam por meio de sentimentos. Nesse caso, os animais têm de ter genes que os fazem sentir simpatia pelos altruístas e antipatia pelos egoístas.

Maynard Smith: **Estratégias Evolutivamente Estáveis (EEE)**.
Smith demonstrou que se a maioria em um bando adota uma estratégia de comportamento, qualquer animal que não a adote é perdedor. Tais estratégias são portanto evolutivamente estáveis.

Dilema do prisioneiro

Dois prisioneiros envolvidos em dado crime. Só há provas para delitos para os quais **a pena é de 1 ano**.

O Promotor conversa com cada um deles em separado e lhe propõe:

Testemunhe contra seu companheiro. Reduzo sua da pena para 6 meses e o condeno a 4 anos. Se ele também testemunhar contra você, ambos levarão 2 anos. (Os números podem ser alterados, guardadas certas proporções)

Para análise matemática, o dilema é formulado em termos de ganhos entre os dois jogadores. Por exemplo:

1. Se A trai e não é traído por B, A ganha 5 pontos e B ganha 0 pontos;
2. Se A não trai nem é traído por B, ambos ganham 3 pontos;
3. Se ambos traem, ambos ganham 1 ponto.

Podemos pensar em vários jogadores, cada um jogando com todos os outros N vezes.

Consideremos N Altruístas (A) e N Egoístas (E) jogando todos contra todos uma única vez.

Cada A jogará contra os N E e somará 0 pontos.

Jogará também contra os $N - 1$ A, no que somará $3(N-1)$ pontos.

O total de pontos de cada A será então $3(N-1)$.

Cada E jogará contra os N A e somará $5N$ pontos.

Jogará também contra os $N - 1$ E, no que somará $N - 1$ pontos.

O total de pontos de cada E será portanto $6N - 1$.

Haverá alguma estratégia capaz de vencer a do egoísta?

Em 1980, **Robert Axelrod** realizou um torneio com o propósito de investigar esta questão. O torneio seria entre programas de computador, cada um com sua estratégia.

O vencedor foi o programa **Tit for Tat** (TFT), formulado por **Anatol Rapoport**.

A estratégia do TFT é muito simples. Em um jogo iterativo contra um dado jogador, na primeira rodada ele é sempre altruísta, ou seja, não trai. Na sequência, em cada rodada ele faz o que o adversário fez na rodada anterior.

Nos torneios, cada jogador enfrentava cada um dos adversários em partida de cerca de 200 rodadas e o campeão seria o que somasse mais pontos durante o torneio. Desde então, vários torneios foram realizados e TFT nunca foi vencido.

Vê-se a eficácia da estratégia TFT considerando um tipo mais simples de torneio. Nele competem 2 TFT (FTF1 e TFT2) e 2 egoístas (E1 e E2). Cada participante joga N vezes contra todos os adversários.

TFT1 somará o mesmo número de pontos de TFT2 e E1 somará o mesmo número de pontos de E2.

TFT1:

N jogos com E1. Soma parcial de pontos = $N - 1$

N jogos com E2. Soma parcial de pontos = $N - 1$

N jogos com TFT2. Soma parcial de pontos = $3N$

$$S(\text{TFT1}) = 5N - 2.$$

E1:

N jogos com TFT1. Soma parcial de pontos = $5 + N - 1$

N jogos com TFT2. Soma parcial de pontos = $5 + N - 1$

N jogos com E2. Soma parcial de pontos = N

$$S(\text{E1}) = 3N + 8.$$

$$D = S(\text{TFT1}) - S(\text{E1}) = 5N - 2 - (3N + 8) = 2N - 10.$$

A estratégia TFT é vencedora se N for maior do que 5.

Consideremos 2 TFT jogando contra 20 Egoístas. Teremos

$$S(\text{TFT1}) = 23N - 20$$

$$S(\text{E1}) = 21N + 8.$$

$$D = 23N - 20 - (21N + 8) = 2N - 28.$$

A estratégia TFT será vencedora se N for maior do que 14. Quanto maior o número de E participantes do jogo, mantidos somente 2 TFT, maior tem de ser o número N de iterações para que a estratégia TFT vença a estratégia egoísta.

O que isso pode nos ensinar sobre a evolução do altruísmo?

Como argumentou Trivers, para que o altruísmo recíproco possa evoluir em um grupo de animais sociais, é necessário que os altruístas reconheçam os que não colaboram e cessem de lhes prestar benefícios. TFT inclui esse princípio.

Se não for solitário no grupo, o indivíduo TFT pode levar vantagem sobre os egoístas, mesmo que estes sejam muito mais numerosos.

Essa vantagem resultará em maior sucesso procriativo dos TFT.

Boa parte da moralidade humana tem origem nos instintos associados ao altruísmo recíproco. Podemos citar:

Simpatia por altruístas e antipatia por egoístas

Sentimento de gratidão

Sentimento de equidade (distribuição justa dos benefícios)

Recompensas por ações muito benéficas à sociedade e sanções a ações muito maléficas

Sentimento de justiça e indignação frente à sua violação

Habilidade para reconhecer trapaceiros.

Esses atributos são **Universais Humanos** (presentes em todas as culturas).
Portanto, não são culturais.

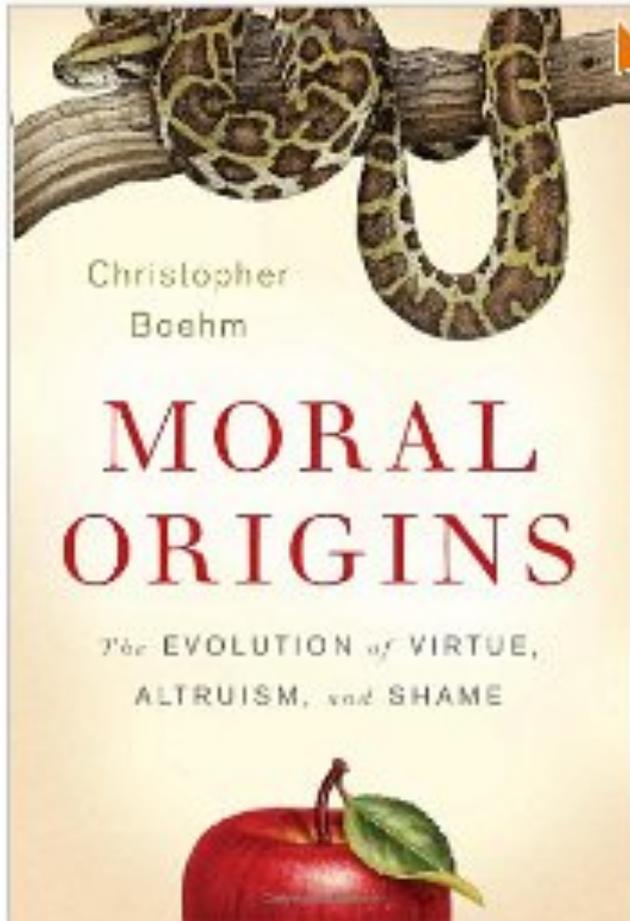
Por que as pessoas zelam tanto pela sua reputação?

Pessoas agem de forma mais altruísta quando suas ações têm chance de ser observadas.

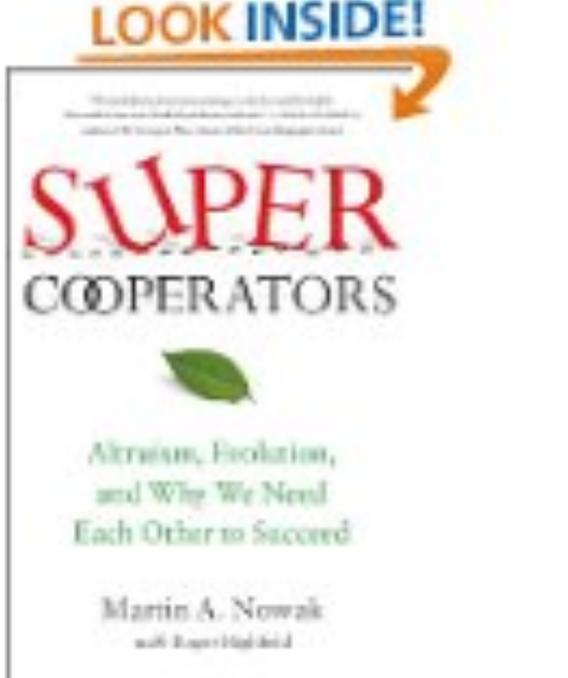
A reputação das pessoas parece ser um sistema de créditos no jogo do altruísmo recíproco. Não basta colaborar, o grupo precisa saber que o indivíduo colabora.

A vaidade é nesse caso fruto inevitável da evolução. Os muito modestos são mal adaptados.

Click to **LOOK INSIDE!**

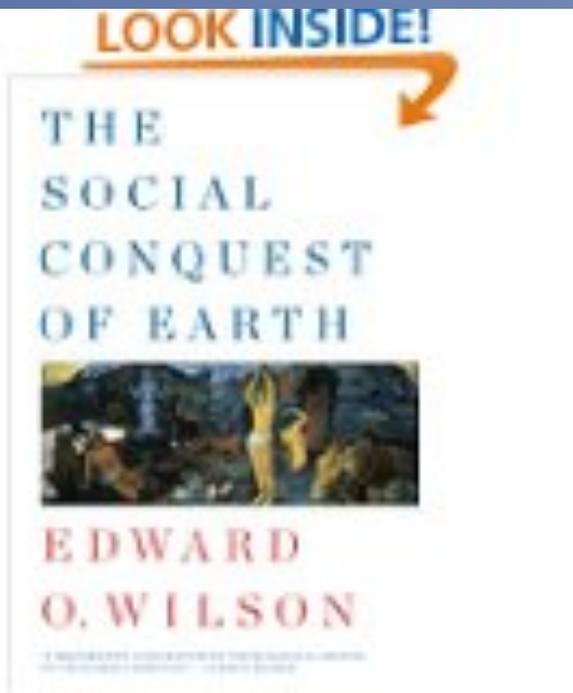


Lançamento
12/05/2012



Martin A Nowak 2011

Dois livros polêmicos que questionam a seleção de parentesco .



Edward O Wilson março 2012

Os dois livros foram precedidos pelo artigo

The evolution of eusociality

Nowak, Tarnita and Wilson, Nature 466, 1057 – 1062 (16/8/2010).

Nature publicou também 5 críticas ao artigo, assinadas por mais de 150 autores.

Foco excessivo no critério de Hamilton

$$C < r B$$

OBRIGADO PELA ATENÇÃO