

A TERRA NÃO ESTÁ MORTA: USO DA TERRA E SOLO VIVO

Jes Hines^{1,2*}, **Franciska de Vries**³

¹ Centro Alemán para la Investigación en Biodiversidad Integrativa (iDiv), Alemania

² Universidad de Leipzig, Alemania

³ Universidad de Ámsterdam, Países Bajos

JOVENS REVISORES:



KONSTANTIN

IDADE: 14

Os seres humanos utilizam a terra para cultivar culturas para alimentação, e os métodos de cultivo que utilizamos podem influenciar os organismos que vivem no solo. Os organismos do solo realizam trabalhos importantes, como a decomposição da matéria orgânica e a liberação de nutrientes para o crescimento das plantas. Ao adicionar mais pesticidas e fertilizantes às terras agrícolas, podemos produzir mais safras num espaço menor. Mas esses métodos também podem prejudicar os organismos do solo e o trabalho que realizam. Em contraste, podemos usar métodos mais brandos para cultivar culturas, que são melhores para os animais do solo, mas esses métodos requerem mais terras. As pessoas em todos os países precisam de alimentos dos cultivos para viverem vidas saudáveis. Uma vez que todos nós compartilhamos uma superfície terrestre, quando decidimos como usar a terra, precisamos de nos lembrar de como a agricultura influencia os animais do solo.

Figura 1

A teia alimentar do solo é composta por muitos tipos de organismos: (1) bactérias, (2) fungos, (3) fungos micorrízicos arbusculares, (4) protozoários, (5) nematóides que se alimentam de bactérias, (6) nematóides que se alimentam de fungos, (7) nematóides que se alimentam de raízes, (8) colêmbolos, (9) nematóides predadores, e (10) ácaros predadores. As setas apontam dos organismos que são comidos para os organismos que os comem. As vias de interação formam três canais de energia principais: canal de base bacteriana (setas laranjas), canal de base fúngica (setas amarelas), e canal de base radicular (setas verdes). A lupa mostra que os nutrientes e a energia fluem através de cada organismo do solo quando este come e respira.

ORGANISMOS DO SOLO

Todos os tipos de formas de vida que vivem abaixo do solo. Isso inclui organismos unicelulares, como bactérias, e multicelulares, como minhocas, protozoários, nematoides e ácaros.

SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

As coisas importantes que o meio ambiente proporciona às pessoas. Nos ecossistemas do solo, os exemplos incluem a reciclagem de nutrientes, retenção e drenagem de água, e a mistura de matéria orgânica.

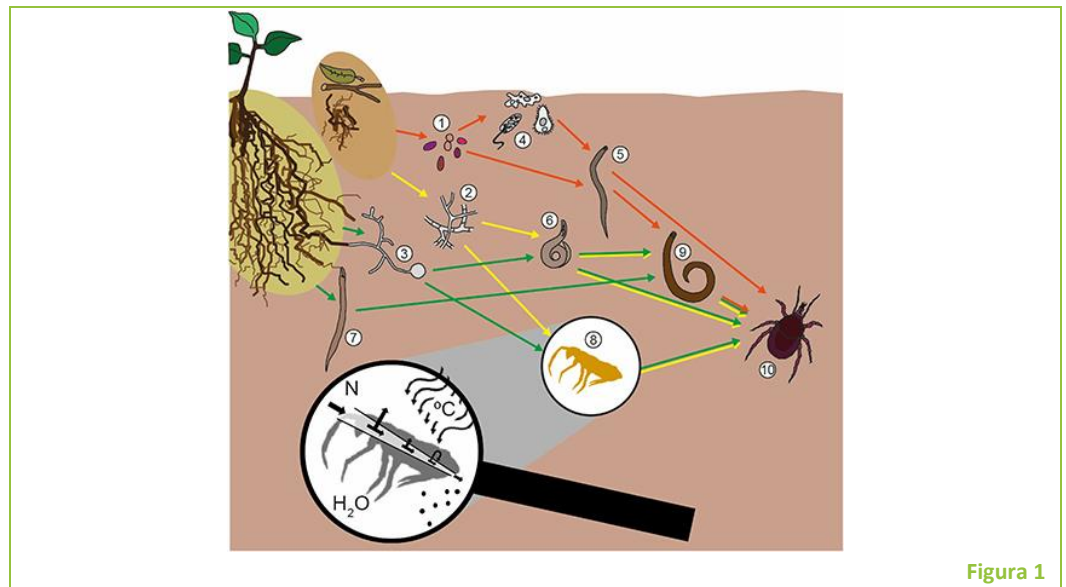


Figura 1

7,8 BILHÕES DE PESSOAS (E CONTANDO) COMEM ALIMENTOS QUE CRESCEM NO SOLO

Existem 7,8 bilhões de pessoas e todas elas precisam comer alimentos saudáveis. Legumes e outras culturas fazem parte de uma dieta saudável. Mas produzir alimentos para tantas pessoas tem um custo para o meio ambiente. Primeiro, precisamos de terras agrícolas suficientes e depois precisamos de práticas agrícolas que mantenham o meio ambiente saudável. Os organismos que vivem no solo podem nos dizer se as nossas práticas agrícolas são boas ou más para o meio ambiente.

No solo, existem bilhões de organismos, tais como bactérias, fungos, nematóides e isópodes que vivem no solo (Figura 1). Todos eles comem, crescem, utilizam oxigênio e liberam dióxido de carbono, tal como nós fazemos. Quando os **organismos do solo** executam estes processos vitais, eles liberam nutrientes dos seus alimentos, que são úteis para o crescimento das plantas (Figura 1). Eles também misturam matéria orgânica (ou seja, plantas e organismos mortos) por todo o solo. Eles melhoram a estrutura do solo, o que melhora a disponibilidade de água para as plantas. Os organismos do solo fornecem os recursos que ajudam as plantas a desenvolver os alimentos que os seres humanos gostam de comer. Os solos fornecem importantes **serviços ecossistêmicos**, tais como filtragem de água e reciclagem de nutrientes, que ajudam a manter os seres humanos vivos e saudáveis.

OS ORGANISMOS DO SOLO FORMAM UMA TEIA ALIMENTAR POR BAIXO DOS SEUS PÉS

Os organismos no solo não trabalham sozinhos; estão ligados uns aos outros numa rede de interações chamada **teia alimentar do solo**. As alterações na abundância de uma espécie podem afetar a abundância dos seus predadores e presas, numa cadeia de interações chamada de **canal de energia** (Figura 1). As teias alimentares do solo têm três canais de energia principais: um sustentado por bactérias, outro sustentado por fungos, e um terceiro sustentado por raízes

TEIA ALIMENTAR DO SOLO

A rede de interações alimentares entre os organismos do solo. As interações partem de três recursos principais (raízes, fungos, bactérias) que formam canais de energia.

LAVRAR

Preparar o solo para a agricultura, arando ou cavando. A lavragem enterra as ervas daninhas e facilita a entrada das raízes das culturas no solo.

USO DA TERRA

Como o ambiente natural é manejado e modificado. Exemplos no texto incluem: Uso intensivo da terra, uso extensivo da terra e áreas naturais

de plantas. As bactérias e os fungos comem matéria orgânica, tais como raízes e folhas mortas, e mais tarde são comidos por outros organismos. Há também organismos que se alimentam diretamente de raízes vivas, tais como os nematóides comedores de raízes (minúsculos vermes), que também são comidos por outros animais. Quando os seres humanos usam a terra de uma forma que perturba estes canais de energia (por exemplo, **lavrando** o solo ou adicionando fertilizantes), podem alterar a capacidade das teias alimentares do solo de fornecerem os seus serviços ecossistêmicos habituais. Mas quantas espécies são afetadas pelos humanos e quão forte é o nosso efeito sobre os processos que os organismos do solo normalmente executam?

UM EXPERIMENTO TESTANDO OS EFEITOS DO USO DA TERRA SOBRE AS TEIAS ALIMENTARES DO SOLO

Cientistas levantaram a hipótese de que diferentes tipos de **uso da terra** afetariam a estrutura das teias alimentares do solo (Figura 2) (de Vries et al. 2013). Eles pensavam que o uso intensivo da terra, tal como lavar a terra, reduziria o número de organismos do solo e limitaria os serviços ecossistêmicos prestados pelos solos (de Vries et al. 2013). Os cientistas também pensavam que os organismos do solo seriam mais abundantes quando os agricultores empregassem práticas de uso extensivo da terra (tais como campos de feno e pastagens). No uso extensivo da terra, há menos aragem e menos adição de fertilizantes, mas são necessárias mais áreas de terra para produzir a mesma quantidade de alimentos. Eles pensavam que os organismos do solo se sairiam melhor em campos naturais, onde os agricultores não usam a terra para cultivar (de Vries et al. 2013).

Com o objetivo de amostrar locais expostos a uma vasta gama de condições ambientais (temperatura, precipitação, textura do solo, etc.), uma equipe de cientistas se deslocou para quatro países da Europa: Suécia, República Checa, Reino Unido e Grécia. Em cada país, eles foram a locais com três tipos de usos da terra: agricultura de elevada intensidade, agricultura de média intensidade e campos naturais (de Vries et al. 2013) (Figura 2). Em cada local, eles mediram uma variedade de organismos do solo, incluindo fungos, bactérias, protozoários, nematóides, minhocas, enquitreídeos, ácaros e colêmbolos. Para descobrir como os serviços ecossistêmicos diferiam entre os usos da terra, eles também mediram alguns processos importantes realizados pelos organismos do solo.


A AGRICULTURA INTENSIVA REDUZ A BIODIVERSIDADE NO SOLO

Os cientistas descobriram que o tipo de uso da terra era importante para os números e tipos de organismos que eles encontravam no solo. Descobriram que o uso mais intensivo da terra reduziu a biodiversidade da teia alimentar do solo: havia menos grupos de organismos presentes e, dentro desses grupos, também havia menos espécies (Tsiafouli et al. 2015). Eles também descobriram que o peso total da maioria dos grupos de organismos do solo era menor onde havia usos da terra de elevada e média intensidade. Os organismos que são

sustentados por raízes de plantas foram os mais reduzidos, e os organismos que comem bactérias e fungos foram menos afetados. Isso provavelmente ocorre porque a lavragem do solo possui fortes efeitos sobre as raízes das plantas em usos da terra de média e elevada intensidade, o que tem efeitos estendidos sobre os organismos que são sustentados pelas raízes das plantas. Mas quanto da mudança se deveu aos efeitos diretos da lavragem no solo e quanto se deveu a mudanças nas teias alimentares do solo?

Figura 2

Três maneiras comuns de utilização dos ambientes naturais. O uso extensivo da terra não envolve muita aragem e colheita ou a adição de muitos fertilizantes e pesticidas, e produz diversos serviços ecossistêmicos. O uso da terra de média intensidade necessita de um pouco de aragem e colheita e produz safras intermediárias. O uso intensivo da terra requer muita aragem e colheita, bem como muita aplicação de produtos químicos para produzir muitas safras a partir de uma área menor. No uso intensivo da terra, alguns serviços ecossistêmicos são reduzidos em favor do alto rendimento da produção agrícola.



Práticas de uso da terra	Uso extensivo da terra	Uso da terra de média intensidade	Uso intensivo da terra
Fertilizantes	(-)	(+)	(++)
Pesticidas	(-)	(+)	(++)
Aragem	(-)	(+)	(++)
Colheita	Pastoreio ou corte à mão	Maquinário leve	Maquinário pesado
Plantas cultivadas	Mistura de espécies de ocorrência natural	Rotação de espécies plantadas pelo homem	Espécie vegetal única plantada pelo homem (isto é, monocultura)

Figura 2

PROCESSOS REALIZADOS POR ORGANISMOS DO SOLO

Para avaliar a questão acima, os cientistas analisaram as relações entre grupos de organismos do solo e os processos que esses organismos realizam. Os cientistas focaram em dois processos: respiração e ciclagem de nitrogênio. Quando falamos de organismos minúsculos, **respiração** é o nome do processo que utiliza oxigênio e libera dióxido de carbono para produzir a energia que os organismos precisam para crescer e realizar suas funções. O nitrogênio é um elemento essencial para toda a vida, incluindo as plantas. Ele percorre o ambiente em várias etapas. A **mineralização** é o processo pelo qual o nitrogênio é liberado dos organismos para o solo (Figura 3), geralmente quando eles se decompõem. O nitrogênio no solo pode ser perdido por **lixiviação**, o que significa ser removido do solo pela água, ou pode ser perdido por **desnitrificação**, processo pelo qual o nitrogênio é transformado em um gás chamado óxido nitroso (N₂O), produzido por bactérias, que escapa do solo para a atmosfera.

CAMPOS NATURAIS ELEVAM A RESPIRAÇÃO DO SOLO

Primeiro, os cientistas descobriram que a respiração dos organismos do solo era mais elevada em campos naturais e onde havia mais minhocas no solo. As minhocas misturam o solo e, fazendo isso, elas estimulam a atividade de outros organismos do solo. Assim como nós, quando os organismos do solo se tornam mais ativos eles precisam comer mais e respirar mais. Quando houver mais matéria orgânica disponível como alimento, haverá um maior número de organismos do solo ativos. Uma vez que os campos naturais possuem mais

matéria orgânica do que terrenos utilizados para agricultura de média e elevada intensidade, a respiração foi mais elevada nestes locais.

Figura 3

O nitrogênio é transformado pelas teias alimentares do solo e assim pode se mover através das plantas, água ou ar. A matéria orgânica do solo (plantas e animais mortos) é mineralizada em nitrogênio inorgânico através da atividade alimentar dos organismos do solo. O nitrogênio inorgânico no solo pode ser absorvido por plantas e fungos, ou pode ser perdido do solo tanto por lixiviação, indo para águas subterrâneas, como pela conversão em gás N_2O , realizada por bactérias em um processo chamado desnitrificação.

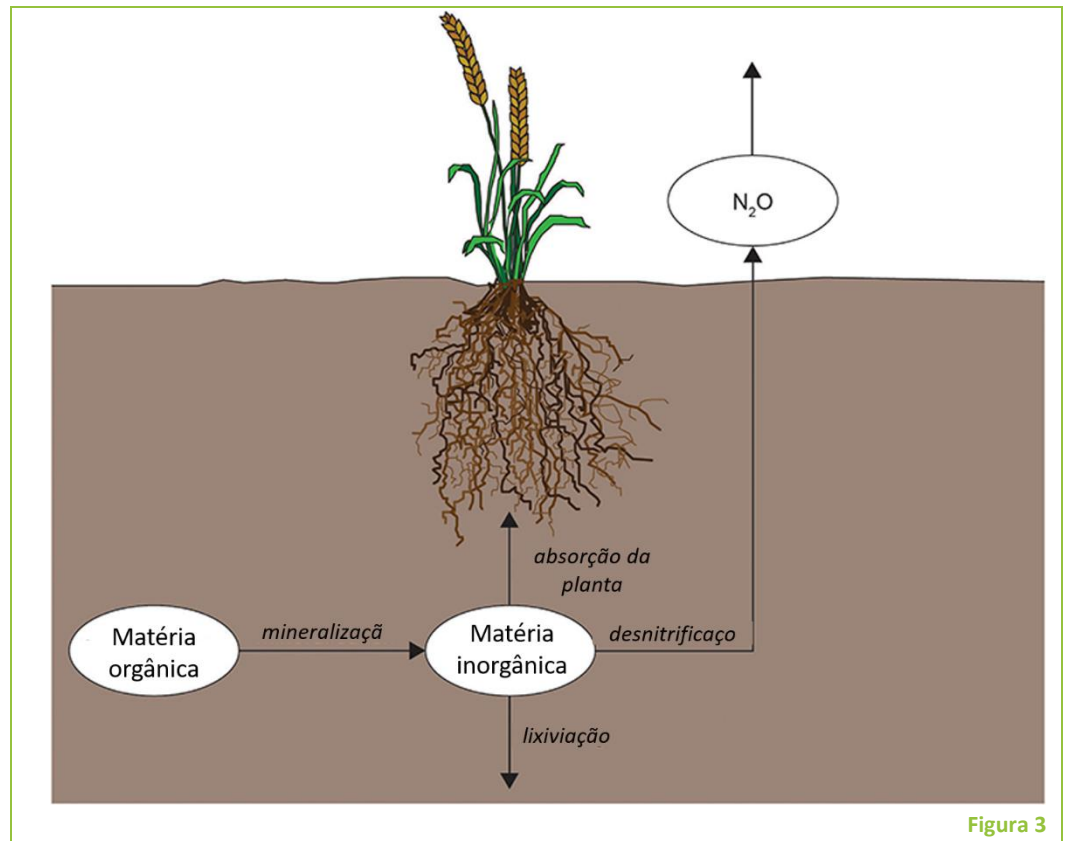


Figura 3

MAIS NITROGÊNIO FLUI PARA DENTRO E PARA FORA DAS FAZENDAS DE MANEJO INTENSIVO

Quando os cientistas analisaram o ciclo de nitrogênio, eles descobriram que a mineralização de nitrogênio foi maior em teias alimentares com um canal de energia bacteriano mais forte (veja **teia alimentar do solo** no glossário). As bactérias são geralmente muito abundantes em áreas com uso intensivo da terra, onde elas crescem e morrem rapidamente, liberando o nitrogênio de seus tecidos para o solo.

Depois de terem medido o nitrogênio mineralizado que foi liberado para o solo, os cientistas queriam saber como o uso da terra afetou o destino do nitrogênio. Eles descobriram que, em áreas com uso da terra menos intensivo, onde havia muitos fungos micorrízicos arbusculares, havia menos lixiviação de nitrogênio para a água, o que significou que mais nitrogênio permaneceu no solo onde as plantas podiam utilizá-lo. Agricultores querem limitar as perdas de nitrogênio por lixiviação, de modo que a maior parte do nitrogênio possa ser usada pelas plantas cultivadas ao invés de fluir para fora dos cultivos. Os fungos micorrízicos arbusculares são um grupo especial de fungos que se ligam as raízes de plantas e ajudam a planta a absorver nutrientes, incluindo nitrogênio. Esses fungos podem absorver nitrogênio do solo e evitar que ele seja perdido por lixiviação. Assim, a presença de fungos micorrízicos arbusculares pode ser um bom indicador da redução da lixiviação em diferentes tipos de uso da terra.

Para avaliar a quantidade de desnitrificação, os cientistas mediram a concentração de gás de óxido nitroso (N_2O). Eles encontraram menores concentrações de N_2O onde havia um maior número de flagelados – criaturas minúsculas que utilizam uma calda para se impulsionarem para frente na água dentro do solo e que comem bactérias. É importante ressaltar que a desnitrificação não é realmente feita pelos flagelados, mas por um grupo específico de bactérias. Como os flagelados aumentaram em áreas onde as bactérias desnitrificantes não eram abundantes, podemos usar a abundância de flagelados como um importante indicador de outros processos (ex., desnitrificação) e de organismos do solo (ex., bactérias desnitrificantes). Compreender o que está acontecendo nas teias alimentares do solo com baixas concentrações de bactérias desnitrificantes é importante porque, quando o nitrogênio deixa o solo como N_2O , pode piorar as mudanças climáticas. O N_2O é um gás de efeito estufa 314 vezes mais forte do que o CO_2 !

AUMENTAR A BIODIVERSIDADE DO SOLO PARA MINIMIZAR OS IMPACTOS DA AGRICULTURA INTENSIVA

A questão da maneira “certa” de usar a terra para cultivar legumes e outras culturas é um debate científico e social contínuo. Como os seres humanos podem produzir alimentos saudáveis e suficientes para alimentar bilhões de pessoas com o mínimo de impacto para o planeta? Cientistas estão aprendendo que organismos do solo são sensíveis às mudanças que os seres humanos provocam no meio ambiente. As práticas agrícolas não influenciam apenas os organismos individualmente, elas influenciam uma complexa rede de interações entre espécies. Mudanças nessa rede de interações afetam como a energia flui através de um ecossistema, afetam quais nutrientes são retidos, quais nutrientes são perdidos e como os agricultores terão que depender de fertilizantes e pesticidas. Embora o uso intensivo da terra ocupe menos área, o que é positivo, ele também causa muitos impactos negativos, pois ele diminui a biodiversidade do solo e aumenta as perdas de nutrientes e de carbono. Em contrapartida, o uso da terra de menor intensidade produz menores safras, mas é ambientalmente mais amigável. Assim, uma solução é restaurar a biodiversidade do solo em áreas de uso intensivo da terra para torná-las menos dependentes de fertilizantes e pesticidas, o que é bom para o meio ambiente e, conseqüentemente, para os seres humanos. Portanto, se você tiver a possibilidade de cultivar seus próprios vegetais, você estará protegendo o meio ambiente, pois não irá produzi-los através de práticas agrícolas intensivas. Se você não pode plantar seus vegetais, você ainda pode proteger o meio ambiente se você puder comprar vegetais e outras culturas que não são produzidas em terras agrícolas intensivas. Pouco a pouco nós podemos tornar nosso planeta cada vez mais saudável.

ARTIGO ORIGINAL

de Vries, F. T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M. A., Bjørnlund, L., et al. 2013. Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110:14296–301. doi: 10.1073/pnas.1305198110

REFERÊNCIAS

1. de Vries, F. T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M. A., Bjørnlund, L., et al. 2013. Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110:14296–301. doi: 10.1073/pnas.1305198110
2. Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., de Ruiter, P. C., van der Putten, W. H., Birkhofer, K., et al. 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Glob. Change Biol.* 21:973–85. doi: 10.1111/gcb.12752

EDITED BY: Malte Jochum, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

CITATION: Hines J and De Vries F (2020) Dirt Is Not Dead: How Land Use Affects the Living Soil. *Front. Young Minds.* 8:549486. doi: 10.3389/frym.2020.549486

CONFLICT OF INTEREST: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

COPYRIGHT © 2020 Hines and De Vries. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

JOVENS REVISORES



KONSTANTIN, IDADE: 14

Olá, eu sou Konstantin, a sua Mente Jovem aqui! Eu sou de Rousse, Bulgária e desde pequeno tinha perguntas como: para que serve a reciclagem, etc. Agora, como adolescente, entrei realmente na ecologia e decidi ajudar na sensibilização de alguns dos problemas do nosso mundo como a poluição do ar, a extinção de espécies e o desmatamento. Se eu, um estudante comum, posso fazer a diferença, você também pode - então o que está esperando meu jovem leitor!

AUTORES



JES HINES

Jes é uma ecóloga que trabalha no Centro Alemão de Pesquisa Integrada em Biodiversidade (German Centre for Integrative Biodiversity Research - iDiv). Suas pesquisas abordam como a biodiversidade responde às mudanças no meio ambiente. Ela está interessada em como os sistemas complexos crescem e como as espécies influenciam o fluxo de nutrientes, energia e informação através dos ecossistemas.



FRANCISKA DE VRIES

Franciska De Vries é professora na Universidade de Amesterdã. Suas pesquisas concentram-se em compreender como as interações entre as plantas e os microrganismos do solo respondem às mudanças climáticas, e como isso afeta o funcionamento do ecossistema.

TRADUTOR



VINICIUS TIRELLI POMPERMAIER

PhD in Ecology from the University of Brasilia (UnB), Brasília, DF, Brazil. Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, Brasil.