

Capítulo

34



34.1

Um nativo San, de Kalahari — um caçador-coletor — com uma galinha-da-guiné que ele apanhou numa armadilha. Em sua cintura há um arco e um recipiente com flechas muito venenosas. Antes, os San habitavam a maior parte do sul e região centro-oriental da África. Hoje, eles vivem na região do deserto de Kalahari em Botswana.

A Perspectiva Humana

SINOPSE

Como vimos no Cap. 32, todos nós — não importa nossas preferências alimentares — dependemos direta ou indiretamente de plantas como fonte de alimentos. Este capítulo continua com aquele tema e enfoca os tipos de plantas que compreendem o fornecimento de alimento para a população humana mundial. Mas o alimento tem uma longa história e você será levado a uma jornada que começa 5 milhões de anos atrás, estende-se até o presente e adentra o futuro.

Depois de uma breve descrição sobre a evolução inicial do Homo sapiens, o capítulo volta-se para o desenvolvimento da agricultura — primeiramente no Oriente Próximo e outras partes do Velho Mundo e mais tarde nas Américas. Em todas as etapas, você encontrará alimentos que hoje são familiares, mas antes eram encontrados apenas em áreas localizadas do mundo. Por exemplo, a cevada e o trigo foram primeiramente domesticados no Oriente Próximo, o arroz e a soja na China, a banana na Ásia tropical, o café na África, o milho e o feijão no México e a batata na América do Sul. Especiarias como a canela, a pimenta-do-reino e o cravo foram primeiramente cultivadas na região tropical da Ásia, e ervas aromáticas como a menta, o timo e o basilicão foram domesticadas na Europa. Hoje, o homem é alimentado por um número relativamente pequeno de culturas, embora haja um grande potencial para o cultivo de espécies selvagens.

Em seguida, examinaremos o rápido crescimento da população humana e o modo como esse crescimento está ameaçando superar a capacidade da agricultura em mantê-lo. O capítulo termina com a descrição de alguns dos progressos promissores na agricultura que representam soluções potenciais para o problema da fome mundial.

PONTOS PARA REVISÃO

Ao término da leitura deste capítulo, você deverá ser capaz de responder as seguintes questões:

1. Quando e onde a agricultura começou? Que plantas foram particularmente importantes como culturas primitivas?
2. Que plantas foram importantes na agricultura do Novo Mundo? Como essas plantas diferem daquelas primeiramente domesticadas no Velho Mundo?
3. Qual a diferença entre uma especiaria e uma erva aromática? Onde se originaram as especiarias e os condimentos?
4. Quais são as mais importantes culturas alimentícias atualmente?
5. Como tem mudado o crescimento da população humana desde as décadas iniciais da Revolução Industrial? Que problemas têm surgido por causa desse crescimento?

A nossa própria espécie, *Homo sapiens*, vem existindo há pelo menos 500.000 anos e vem se mantendo muito numerosa por aproximadamente 150.000 anos. Como todos os outros organismos vivos, representamos o produto de pelo menos 3,5 bilhões de anos de evolução. Nossos antecedentes imediatos, os membros do gênero *Australopithecus*, apareceram inicialmente há não menos de 5 milhões de anos. Na África, mais ou menos naquela época, eles aparentemente divergiram a partir da linha evolutiva que deu origem aos chimpanzés e gorilas, nossos parentes mais próximos. Os representantes do gênero *Australopithecus* eram macacos relativamente pequenos que freqüentemente andavam sobre duas pernas.

Os primeiros seres humanos — membros do gênero *Homo* — que já eram maiores e usavam ferramentas, apareceram inicialmente há cerca de 2 milhões de anos. Certamente, eles evoluíram de membros do gênero *Australopithecus*, mas tinham cérebros muito mais volumosos, aparentemente associados com sua capacidade de usar ferramentas e reforçados por ela. Os antigos representantes do gênero *Homo* provavelmente subsistiram principalmente da coleta de alimentos (apanhando frutos e sementes; coletando ramos e folhas comestíveis; e cavando para a coleta de raízes), da alimentação a partir de animais mortos, e ocasionalmente da caça. Eles aprenderam a usar o fogo há não menos do que 1,4 milhão de anos. Os seus métodos de caça e coleta para obter alimento e abrigo parece que se assemelhavam aos de alguns grupos humanos contemporâneos (Fig. 34.1). A nossa espécie, *Homo sapiens*, apareceu na África há aproximadamente 500.000 anos e na Eurásia há cerca de 250.000 anos.

Mais ou menos há 34.000 anos, o povo neandertal, que era formado por indivíduos poderosamente robustos, de baixa estatura e abundante na Europa e Ásia ocidental, desapareceu completamente. Eles foram substituídos por seres humanos que eram essencialmente iguais a nós. A partir de então, nossos ancestrais produziram ferramentas cada vez mais complexas, a partir de pedra e também de ossos, marfim e chifres, materiais que não tinham sido usados antes. Eram excelentes caçadores, que se alimentavam de rebanhos de grandes animais, com os quais eles dividiam o seu ambiente. Eles começaram também a criar magníficas pinturas rituais nas paredes das cavernas. As bases da moderna sociedade haviam então sido lançadas.

A Revolução Agrícola

Os Primórdios da Agricultura Envolveram o Plantio Deliberado de Sementes Selvagens

Os seres humanos recentes, que substituíram os neandertais, muito cedo migraram por toda a superfície do globo. Eles colonizaram a Sibéria logo em seguida à sua aparição na Europa e na Ásia Ocidental, chegando à América do Norte em torno de 12.000 a 13.000 anos atrás. A sua migração em direção ao leste ocorreu durante um dos períodos frios da época pleistocênica, quando as savanas, com os seus grandes rebanhos de mamíferos herbívoros, eram muito espalhadas. À medida que esse povo migrava, ele deve ter ocasionado a extinção de muitas espécies desses animais. De qualquer modo, a caça extensiva pelos seres humanos, associada a profundas alterações climáticas, ocorreu ao mesmo tempo que esses animais iam desaparecendo de muitas partes do mundo.

Há cerca de 18.000 anos, os glaciais começaram a recuar, exatamente como tinha acontecido 18 ou 20 vezes antes, durante os 2 milhões de anos precedentes. Florestas migraram para o norte

em toda a Eurásia e América do Norte, enquanto as campinas tornaram-se menos extensas e os grandes animais a elas associados minguaram em número. Provavelmente, não mais do que 5 milhões de seres humanos existiam em todo o mundo, e eles gradualmente começaram a utilizar novas fontes de alimento. Alguns deles viviam ao longo da costa dos continentes, onde animais que poderiam ser usados localmente como fontes de alimento eram abundantes; outros, no entanto, começaram a cultivar plantas, obtendo assim uma fonte nova e relativamente segura de alimento.

O primeiro cultivo deliberado de sementes foi provavelmente uma consequência lógica de uma simples série de eventos. Por exemplo, os cereais silvestres (cereais são representantes da família das gramíneas, Poaceae, que produzem grãos), que são ervas daninhas, do ponto de vista ecológico. Assim, elas crescem rapidamente em áreas abertas ou perturbadas, canteiros e terrenos desmatados, onde há poucas outras plantas com as quais competir. Algumas pessoas que coletavam esses grãos regularmente devem ter jogado acidentalmente alguns deles próximo aos seus acampamentos, ou plantado alguns grãos deliberadamente, e dessa forma criaram uma nova fonte confiável de alimento. Uma vez que essa seqüência de eventos se desencadeou, o cultivo teve início (Fig. 34.2). Em locais onde gramíneas selvagens e leguminosas



(a)



(b)

34.2

(a) Coleta e (b) separação da palha do trigo (*Triticum*) pelo vento na Tunísia, norte da África. Cultivos em pequena escala semelhantes a esse vêm ocorrendo ao redor da bacia do Mediterrâneo por mais de 10.000 anos.

eram abundantes e prontamente coletadas, os seres humanos devem ter permanecido por longos períodos, eventualmente aprendendo como aumentar as suas colheitas, através da guarda e plantio de suas sementes, da proteção de suas culturas contra ratos, pássaros e outras pragas, e da irrigação e da adubação.

Através da seleção de determinadas linhagens genéticas dessas plantas pelo homem, as características das culturas domesticadas devem ter-se alterado gradualmente, com mais sementes selecionadas a partir de plantas com características específicas que as tornavam mais fáceis para a coleta, armazenamento ou uso. Por exemplo, o eixo da espiga quebra-se facilmente nas espécies de trigo selvagem e grupos relacionados, dispersando assim as sementes maduras. Nas espécies cultivadas de trigo, o eixo da espiga é duro e mantém as sementes até o momento em que elas são coletadas. Sementes mantidas na espiga dessa maneira não seriam bem dispersas na natureza, mas podem ser colhidas facilmente pelos seres humanos para prover alimentação ou replantio. À medida que esse processo de seleção continua, uma espécie cultivada torna-se cada vez mais dependente do homem que a cultiva, do mesmo modo que o homem fica cada vez mais dependente da planta.

A Agricultura no Velho Mundo Começou no Crescente Fértil

A domesticação de plantas e animais começou há cerca de 11.000 anos numa área conhecida como **Crescente Fértil** do Mediterrâneo oriental, em terras que se estendiam através de partes do que hoje constitui o Líbano, Síria, Turquia, Irã, Jordânia, Iraque e Israel. Nessa região, a cevada (*Hordeum vulgare*) e o trigo (*Triticum*) foram aparentemente as primeiras plantas a serem cultivadas, com a lentilha (*Lens culinaris*) e a ervilha (*Pisum sativum*) vindo logo em seguida (Fig. 34.3). Outras plantas que foram domesticadas bem cedo nessa área foram o grão-de-bico (*Cicer arietinum*), a fava (*Vicia* spp.), a oliveira (*Olea europaea*), a tamareira (*Phoenix dactylifera*), a romã (*Punica granatum*) e a parreira (*Vitis vinifera*). O vinho feito de uvas e a cerveja feita a partir de cereais foram usados já nos tempos mais antigos. O linho (*Linum usitatissimum*) foi também cultivado muito cedo, provavelmente tanto como fonte alimentícia (as sementes são comidas ainda hoje na Etiópia), quanto como fonte de fibra para tecidos.

Entre as primeiras plantas cultivadas, os cereais forneceram uma rica fonte de carboidratos, enquanto as leguminosas proveram uma abundante fonte protéica. As sementes das leguminosas situam-se entre as mais ricas em proteínas entre todos os órgãos vegetais; por seu turno, suas proteínas são frequentemente ricas naqueles aminoácidos que são mal representados nos cereais. Não é surpresa, portanto, que as leguminosas vêm sendo cultivadas, juntamente com os cereais, desde os primórdios da agricultura em várias partes do mundo. De toda a proteína consumida pelos seres humanos em todo o mundo, as plantas contribuem com aproximadamente 70% e os animais com cerca de 30%. Apenas 18% do total protéico provêm de leguminosas; cerca de 70% originam-se de cereais, embora eles contenham porcentagens inferiores de proteína. No entanto, as proteínas de leguminosas são muito importantes na dieta humana, e parece haver grandes possibilidades de se aprimorar a qualidade — em termos da composição em aminoácidos — das leguminosas que consumimos.

A Domesticação de Plantas Influenciou Outros Aspectos Culturais

O cultivo de plantas tornou-se cada vez mais or-



(a)



(b)

34.3

Duas das primeiras plantas a serem cultivadas no Oriente Próximo foram (a) a cevada (*Hordeum vulgare*), e (b) a ervilha (*Pisum sativum*).

ganizado com o passar do tempo. Por exemplo, implementos especializados associados com a colheita e o processamento dos grãos, incluindo alfanges de pedra, pedras para moagem, pilões e pistilos feitos de pedra, já estavam em uso há mais de 10.000 anos. Mais ou menos 8.000 anos atrás, o homem começou a produzir vasos de cerâmica para o armazenamento de grãos. Ao mesmo tempo que as plantas estavam sendo primeiramente cultivadas no Oriente Médio, vários animais — inclusive cães (que devem ter sido os primeiros animais mantidos regularmente pelo homem), cabras, ovelhas, bois e porcos — foram também domesticados. Os cavalos foram domesticados mais tarde no sudoeste da Europa, os gatos no Egito e os galináceos no sudeste da Ásia, mas todos esses animais espalharam-se rapidamente por todo o mundo.

Em todas as partes em que eles eram mantidos, os animais domésticos comiam as plantas que lhes eram disponíveis, quer fossem cultivadas ou não; eles produziam lã, pele, leite, queijo e ovos; além disso, eles mesmos podiam ser comidos pelos seus donos. À medida que os seres humanos cresciam em número, eles iam formando rebanhos de animais herbívoros tão grandes a ponto de começar a destruir as suas próprias pastagens, causando extensos danos ecológicos (Fig. 34.4). Boa parte do Oriente Médio e de outras áreas áridas ao redor do Mar Mediterrâneo são ainda hoje utilizadas em excesso como pastagens, e os desertos continuam a se expandir, tal como vem ocorrendo desde a época



34.4

Rebanhos de animais domésticos, como essas ovelhas karakul no Afeganistão, devastaram grandes áreas da região do Mediterrâneo oriental, à medida que o seu número crescia. Em muitas áreas, apenas plantas espinhosas ou tóxicas sobreviveram, enquanto os campos anteriormente férteis converteram-se em desertos.

ca em que se formaram os primeiros grandes rebanhos de animais domésticos.

De qualquer modo, o homem tinha então fontes regulares de alimento, na forma de plantas e animais domésticos. Com isso, ele tornou-se capaz de organizar povoações, começando há aproximadamente 10.000 anos, e finalmente cidades, cerca de 4.000 anos depois. A terra que fosse produtiva, e na qual o homem pudesse viver permanentemente, podia tornar-se propriedade, ser acumulada e passada aos descendentes.

Há Evidências de Antiga Domesticação de Plantas Alimentícias na China, na Ásia Tropical e na África A agricultura que se originara no Oriente Médio expandiu-se em direção noroeste, estendendo-se sobre boa parte da Europa e chegando à Bretanha mais ou menos em 4.000 a.C. Ao mesmo tempo, a agricultura desenvolveu-se independentemente em outras partes do mundo. Há evidências de que a agricultura deve ter sido praticada na região subtropical do Rio Amarelo na China, em época quase tão remota quanto no Oriente Médio. Vários gêneros de cereais conhecidos como painços foram cultivados pelos seus grãos, e finalmente o arroz (*Oryza sativa*), hoje um dos mais valiosos cereais do mundo, foi acrescentado a eles. Mais tarde, o arroz desalojou os painços como cultura em quase toda a sua área de cultivo. A soja (*Glycine max*) vem sendo cultivada na China há pelo menos 3.100 anos (Fig. 34.5).

Em outras partes da Ásia subtropical, desenvolveu-se uma agricultura baseada no arroz, distintas leguminosas e raízes. Há alguma evidência arqueológica do cultivo do arroz na Tailândia há aproximadamente 10.000 anos, mas muitas pesquisas adicionais são necessárias antes que essas datas possam ser estabelecidas com segurança. As condições úmidas e chuvosas dos trópicos tendem a destruir a maior parte das evidências com as quais o arqueólogo poderia traçar esses eventos antigos. Animais como os búfalos-do-banhado, camelos e galináceos foram domesticados na Ásia há muito tempo, tornando-se elementos importantes nos sistemas de cultivo lá praticados (Fig. 34.6).

Posteriormente, plantas como a mangueira (*Mangifera indica*) e várias espécies de *Citrus* spp., foram introduzidas no cultivo na Ásia tropical; outras, tais como o arroz e a soja, começaram a ser cultivadas bem mais ao norte. A taioba (*Colocasia esculenta*) é uma planta alimentícia muito importante na Ásia



34.5

A soja (*Glycine max*) vem sendo uma importante cultura nos Estados Unidos apenas nos últimos 50 anos. Ela é uma das mais ricas fontes de nutrientes entre as plantas alimentícias, com sementes consistindo em 40 a 45% de proteína e 18% de óleo. Nos países da Ásia oriental, ela é usada para fazer queijo e molho de soja, entre outros produtos. A soja pode ser cultivada com bons resultados em regiões temperadas e os Estados Unidos produzem mais da metade da produção mundial da cultura. Como muitas leguminosas, a soja abriga bactérias fixadoras de nitrogênio em nódulos de suas raízes, através das quais ela consegue obter nitrogênio para o seu próprio crescimento e para enriquecer o solo (ver Cap. 30). A soja é frequentemente cultivada em rotação com o milho nos Estados Unidos, primariamente para interromper os ciclos de vida de nematóides e pragas de insetos que atacam essas duas culturas fundamentais.

tropical, onde ela é plantada pelos seus caules subterrâneos amiláceos; *Xanthosoma* é uma planta alimentícia dos trópicos do Novo Mundo, afim à taioba. *Colocasia* e outros gêneros semelhantes, incluindo *Xanthosoma*, são a fonte de poi, um alimento baseado em amido das ilhas do Pacífico, incluindo o Havaí, onde essas plantas foram trazidas por colonizadores polinésios há cerca de 1.500 anos.

A banana (*Musa × paradisiaca*) situa-se entre as mais importantes plantas domesticadas que vieram da Ásia tropical; seus frutos são um alimento básico em todas as regiões tropicais do mundo. Variedades amiláceas de bananas, como a banana-de-são-tomé e a banana-da-terra, são muito mais importantes como fonte de alimento em países tropicais, onde dois terços do total de bananas cultivadas são consumidos, do que as variedades doces, que são mais conhecidas nas regiões temperadas. As bananas silvestres têm sementes grandes e duras, mas as variedades cultivadas, do mesmo modo que muitas variedades de frutas cítricas, são desprovidas de sementes. A banana chegou à África há cerca de 2.000 anos e foi levada ao Novo Mundo logo após as viagens de Colombo.

Houve também domesticação antiga de plantas alimentícias na África, mas também neste caso temos pouca evidência direta sobre a época de suas origens. De qualquer modo, há um inter-



(a)



(b)

34.6

O arroz (*Oryza sativa*) fornece metade do alimento consumido por mais ou menos 1,6 bilhão de pessoas e mais de um quarto do alimento de outros 400 milhões. Ele vem sendo cultivado há pelo menos 6.000 anos, sendo hoje plantado em 145 milhões de hectares, cerca de 11% das terras aráveis do mundo. O arroz é a fonte de várias espécies de bebidas alcoólicas, inclusive o saquê, uma espécie de vinho que é uma bebida tradicional no Japão. Quando o arroz é cultivado em campos alagados, criam-se simultaneamente peixes, que são pescados juntamente com a coleta do arroz. Desde o seu estabelecimento em 1962, o Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz, nas Filipinas, tem feito importantes contribuições para o melhoramento dessa cultura. Vêem-se aqui (a) arroz em terraços e (b) búfalo-do-banhado sendo usado para cultivar arroz em Bali, Indonésia.

valo de pelo menos 5.000 anos entre as origens da agricultura no Crescente Fértil e a sua aparição no extremo sul do continente africano. Cereais, como o sorgo (*Sorghum* spp.) e várias espécies de painço (*Pennisetum* spp. e *Panicum* spp.), além de vários tipos de legumes, inclusive o quiabo (*Hibiscus esculentus*), vários caules e raízes tuberosas principalmente o inhame (*Dioscorea* spp.) e uma espécie de algodão (*Gossypium*), foram todos colocados em cultivo primeiramente na África. Várias espécies de algodão têm larga ocorrência como plantas silvestres, principalmente em regiões sazonalmente áridas mas de clima ameno, e são obviamente úteis; os longos tricomas de suas sementes podem ser facilmente tecidos (Fig. 34.7). Fragmentos de tecido de algodão com 4.500 anos de idade foram encontrados na Índia. As sementes de algodão são também usadas como uma fonte de óleo, e a torta da semente, que resulta após a extração do óleo por compressão mecânica, é usada para alimentar animais. O café (*Coffea arabica*) é outra cultura de origem africana. Ele entrou em cultivo muito mais tarde que outras plantas aqui mencionadas, mas é agora uma cultura comercial muito importante nos trópicos.

A Agricultura no Novo Mundo Utilizou Muitas Espécies Novas

Um desenvolvimento paralelo da agricultura teve lugar nas Américas do Norte e do Sul. Parece que nenhuma planta domesticada foi trazida pelo homem do Velho para o Novo Mundo antes de 1492. Os cães foram, certamente, introduzidos por povos que migraram para a América do Norte através dos Estreitos de Bering, mas foram a única espécie de animal doméstico que esses seres humanos trouxeram consigo. Isso atesta o grande valor dos cães para a proteção, caça, pastoreio e, comumente, como fonte de carne. Isso pode também estar relacionado à domesticação muito antiga dos cães.

As plantas que entraram em cultivo no Novo Mundo eram distintas daquelas cultivadas no Velho Mundo. Em lugar do trigo, cevada e arroz, havia o milho (*Zea mays*; Fig. 34.8), e em lugar de lentilhas, ervilhas e grãos-de-bico, os habitantes do Novo Mundo cultivavam o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), feijão-de-lima (*Phaseolus lunatus*) e o amendoim (*Arachis hypogaea*), entre outras leguminosas. Entre as outras importantes plantas



34.7

O algodão (*Gossypium*), uma das mais úteis plantas cultivadas como fontes de fibra, parece ter sido domesticado independentemente na Índia e China (a mesma espécie de algodão é cultivada em ambas as áreas), África (outra espécie), México (outra espécie) e oeste da América do Sul (uma quarta espécie). O algodão tem sido cultivado por milhares de anos para produção de tecidos e tornou-se uma importante fonte de óleo comestível durante o século passado. O algodão que é hoje cultivado amplamente no mundo todo é um poliploide originado no Novo Mundo; as espécies diplóides do Velho Mundo são cultivadas mais localmente.

A Origem do Milho

As espigas do milho diferem tanto daquelas do seu ancestral, que por muitos anos a espécie do parental silvestre não foi reconhecida. No entanto, agora julgamos que o milho (*Zea mays* subsp. *mays*) é simplesmente a forma domesticada de uma gramínea alta, o teosinte anual sul-mexicano (*Zea mays* subsp. *parviglumis*). As plantas do teosinte têm centenas de espigas pequenas, estreitas, cada uma com 5 a 12 frutos em duas fileiras (cada fruto envolvendo permanentemente um grão), que se desarticulam e são liberados quando maduros. Como os frutos envolvendo os grãos são lenhosos e não-separáveis destes, a farinha que resulta da moagem dos frutos é impalatável. As várias espécies de teosinte crescem desde a região sul de Chihuahua, México, até a Nicarágua. Elas são capazes de formar híbridos com o milho e o fazem de modo espontâneo quando o milho e o teosinte crescem juntos (os híbridos são conhecidos como maiz de coyote, ou milho silvestre).

O milho é conhecido apenas como uma planta cultivada e não poderia sobreviver por si só em condições naturais. Além de seus grãos serem vulneráveis, eles estão permanentemente presos ao eixo central (o "sabugo" do milho) e permanentemente protegidos por muitas bainhas foliares sobrepostas (as "palhas") que não permitiriam a disseminação, mesmo se os grãos fossem livres. Em resumo, a espiga do milho é um artefato agrícola bem embalado, altamente produtivo e facilmente colhido, com todas as suas principais características selecionadas pelos antigos agricultores.

A domesticação do milho, que começou no sul do México há mais de 7.000 anos, obviamente envolveu a transformação dos

grãos do teosinte em algo acessível como alimento, bem como o aumento do grão e da espiga, além de melhorias nas condições de sua colheita. Como resultado da seleção humana por essas características, o milho tornou-se tão distinto do teosinte quanto o girassol cultivado, que não é ramificado e possui um só capítulo (inflorescência), diferindo do seu ancestral, que é altamente ramificado e dotado de muitas inflorescências. Tanto o milho quanto o girassol cultivados têm todos os recursos reprodutivos de um ramo concentrados em uma única estrutura terminal gigantesca, a espiga de milho ou a inflorescência do girassol, com muitas sementes, que resultam em colheita mais fácil e alto rendimento.

Um desenvolvimento novo e estimulante na história da evolução do milho foi a descoberta de uma nova espécie de teosinte perene, *Z. diploperennis*. Essa planta rara foi encontrada pela primeira vez em 1977 no sudoeste do México por Rafael Guzmán, na época um estudante de graduação da Universidade de Guadalajara, tendo sido reconhecida em 1978 como uma nova espécie por Hugh Iltis, John Doebley e colaboradores na Universidade de Wisconsin em Madison. Ela é interfértil com o milho anual e transporta os genes de resistência a sete dos nove principais vírus que infectam o milho nos Estados Unidos; para cinco deles, desconhece-se qualquer outra forma de resistência. As implicações econômicas são óbvias, quando se considera o valor das colheitas de milho em escala mundial — quase 60 bilhões de dólares apenas em 1991.

Zea diploperennis ocorre naturalmente em apenas três pequenas áreas, totalizando

um pouco mais de duzentos hectares, nas florestas cobertas de nuvens da Sierra de Manantlán, uma cadeia montanhosa entre Guadalajara e Puerto Vallarta. Ali, a espécie poderia muito bem ter sido destruída pela expansão das culturas e criação de gado, sem nunca ter sido conhecida pela ciência. A fim de proteger essa espécie e a rica flora e fauna associadas (que inclui jaguatiricas, jaguares e leões-da-montanha), uma grande reserva natural da biosfera e um laboratório de pesquisa foram estabelecidos pela Universidade de Guadalajara.



Acima encontram-se *Zea mays* subsp. *parviglumis* (à esquerda) e *Zea mays* subsp. *mays* (à direita).



34.8

Milho (*Zea mays*), a mais importante cultura vegetal nos Estados Unidos. A princípio usada primordialmente para a alimentação humana, o milho é agora um dos principais alimentos para os animais domésticos. Nos Estados Unidos, cerca de 80% da cultura é consumida por animais. Nos tempos de Colombo, o milho era cultivado desde o sul do Canadá até o sul da América do Sul. Cinco tipos principais de milho são reconhecidos: milho-de-pipoca, milho-pedra, milho-de-farinha, milho-dente e milho-doce. O milho-dente, no qual há uma depressão em cada grão, é primariamente responsável pela produtividade do cinturão do milho dos Estados Unidos e é usado principalmente como alimento animal. O milho-dente é cada vez mais importante como uma fonte de xarope de milho com alto conteúdo de frutose, usado em refrigerantes enlatados e na produção de etanol.

cultivadas no México, estavam o algodão (*Gossypium* spp.), as pimentas (*Capsicum* spp.), os tomates (*Solanum* (*Lycopersicon*) spp.), o tabaco (*Nicotiana tabacum*), o cacau (*Theobroma cacao*, que fornece o principal ingrediente do chocolate), o abacaxi (*Ananas comosus*), morangas e abóboras (*Cucurbita* spp.) e o abacate (*Persea americana*). O algodão foi domesticado independentemente no Velho e no Novo Mundo, com diferentes espécies envolvidas nos diferentes centros de domesticação. Seu cultivo pelo homem no México remonta há pelo menos 4.000 anos e no Peru o seu cultivo é ainda mais antigo. As espécies de algodão do Novo Mundo são poliplóides e representam a fonte de quase todo o algodão que é cultivado hoje em todo o mundo; ao contrário, os algodões do Velho Mundo são diplóides. Depois que as diversas plantas cultivadas no Novo Mundo foram descobertas pelos europeus, após as viagens de Colombo, muitas delas foram introduzidas em cultivo na Europa, irradiando-se de lá para o resto do Mundo. Algumas dessas plantas não só eram totalmente novas para os europeus, como outras, tais como as espécies de algodão do Novo Mundo, eram melhores que as formas já em cultivo na Eurásia, e logo as substituíram.

A Primeira Domesticação de Plantas Ocorreu Tanto na América Central Quanto na América do Sul

A mais antiga evidência de plantas domesticadas no México data de cerca de 9.000 anos atrás, mas a agricultura extensiva parece que não se tornou bem estabelecida até muito mais tarde. Desse modo, a evidência sugere que a domesticação de plantas começou mais tarde no Novo Mundo do que na Eurásia. Muitas das culturas que foram originalmente domesticadas no México mais tarde se espalharam desde a América Central e México em direção norte até o Canadá. Culturas semelhantes foram também amplamente mantidas em todas as terras baixas e planaltos medianos da América do Sul. De fato, é provável que a agricultura tenha se desenvolvido independentemente no México e no Peru, embora a questão não possa ser definida com as evidências ora disponíveis. A evidência mais antiga de agricultura no Peru é quase tão remota quanto aquela do México, sendo que algumas plantas domésticas, como o amendoim, podem muito bem ter sido levadas da América do Sul para o México pelo homem.

Nos Andes centro-meridionais da América do Sul, um tipo particular de agricultura foi desenvolvida (Fig. 34.9), baseada em culturas de tubérculos, tais como a batata (*Solanum tuberosum* e outras espécies relacionadas), e culturas de sementes, como o tremoço (*Lupinus* spp., da família Fabaceae) e a quinoa (*Chenopodium quinoa*). A batata era cultivada em todas as terras altas da América do Sul na época de Colombo, mas ela não chegou à América Central e México até que fosse levada pelos espanhóis. Ela se tornou um dos mais importantes alimentos na Europa durante dois séculos, fornecendo mais do que duas vezes a quantidade de calorias por hectare do que o trigo.

Uma Variedade de Plantas e Animais Foram Domesticados em Distintas Partes do Novo Mundo

Outras culturas foram colocadas em cultivo pela primeira vez fora desses centros principais. Por exemplo, o girassol (*Helianthus annuus*) foi domesticado por nativos americanos que viviam em território que corresponde hoje aos Estados Unidos (Fig. 34.10). Outra cultura muito importante do Novo Mundo, a mandioca (*Manihot* spp.), foi domesticada em áreas mais secas da América do Sul, mas é agora cultivada em larga escala nos trópicos (Fig. 34.11).

Embora a batata comum, ou inglesa, seja um membro da família da beladona (*Solanaceae*), a batata-doce (*Ipomoea bata-*

tas) é um representante das Convolvulaceae, como você deve saber caso alguma vez tenha visto um campo dessa planta em flor, sendo portanto não muito estreitamente relacionada com a batata inglesa. Na época das viagens de Colombo, a batata-doce era extensamente cultivada nas Américas Central e do Sul, mas era também muito comum em algumas ilhas do Pacífico, tão distantes quanto a Nova Zelândia e o Havaí, para onde deve ter sido aparentemente levada pelo homem no curso de suas primeiras viagens. Subseqüentemente ao tempo de Colombo, a batata-doce tornou-se uma cultura muito importante na maior parte da África e Ásia tropical.

Muito poucos animais foram domesticados no Novo Mundo. O assim chamado pato-de-moscou (*Cairina moschata*) (que não se originou em Moscou, apesar de seu nome), o peru, o porquinho-da-índia, a lhama e a alpaca estão entre os poucos que aí se originaram. Pequenas cidades, e mais tarde até grandes aglomerados urbanos, organizaram-se no Novo Mundo, como já ocorrera anteriormente em toda a Eurásia, em todos os locais em que sistemas agrícolas eram suficientemente desenvolvidos para mantê-las. Campos agrícolas eram extensivamente cultivados ao redor de tais centros, mas não havia grandes rebanhos de animais domésticos, comparáveis àqueles que se tornaram tão proeminentes na Europa e Ásia.

Quando os europeus colonizaram o Hemisfério Ocidental, no entanto, eles trouxeram com eles os seus rebanhos. Com o tempo, tais rebanhos causaram o mesmo tipo de ampla destruição ecológica em algumas partes do Novo Mundo, comparáveis àqueles que tinham ocorrido há alguns milênios antes no Oriente Médio e outros locais da Eurásia. Muitas comunidades vegetais naturais não podem ser prontamente convertidas em pastagens. Por exemplo, a abertura extensiva de clareiras em florestas tropicais úmidas para servir de pastagens tem sido enormemente destrutiva em todas as partes em que foi aplicada (ver Cap. 33). Na maioria dos casos, as pastagens em tais áreas são produtivas apenas a curto prazo, até que os nutrientes no solo venham a se esgotar, ocasião em que elas devem sempre ser abandonadas em prazos não superiores a 10 ou 15 anos.

Especiarias e Ervas Aromáticas São Apreciadas pelos Seus Aromas e Sabores

As substâncias que são produzidas pelas plantas primariamente para defendê-las de insetos e outros herbívoros foram discutidas nos Capítulos 2 e 22. Essas substâncias contribuem com os aromas e sabores de muitas plantas e desse modo acrescentam atributos que têm sido utilizados pelo homem desde épocas pré-históricas. Algumas dessas substâncias fazem com que as plantas sejam tóxicas para o homem e outros animais, mas outras contribuem com características que para o homem são desejáveis.

Especiarias — as partes das plantas fortemente aromáticas, geralmente ricas em óleos essenciais — podem ser derivadas de raízes, cascas, sementes, frutos e gemas. **Ervas aromáticas**, por outro lado, são geralmente as folhas de plantas não-lenhosas, embora a folha de louro e uns poucos outros condimentos derivados de árvores e arbustos sejam também considerados ervas aromáticas. Na prática, as especiarias e as ervas aromáticas se intergradam completamente. Ambas vêm sendo tradicionalmente usadas pelo homem para temperar alimento, especialmente quando o alimento pode deteriorar-se de alguma maneira.

Historicamente, as Especiarias Mais Importantes Foram Cultivadas na Ásia Tropical

As especiarias e as ervas



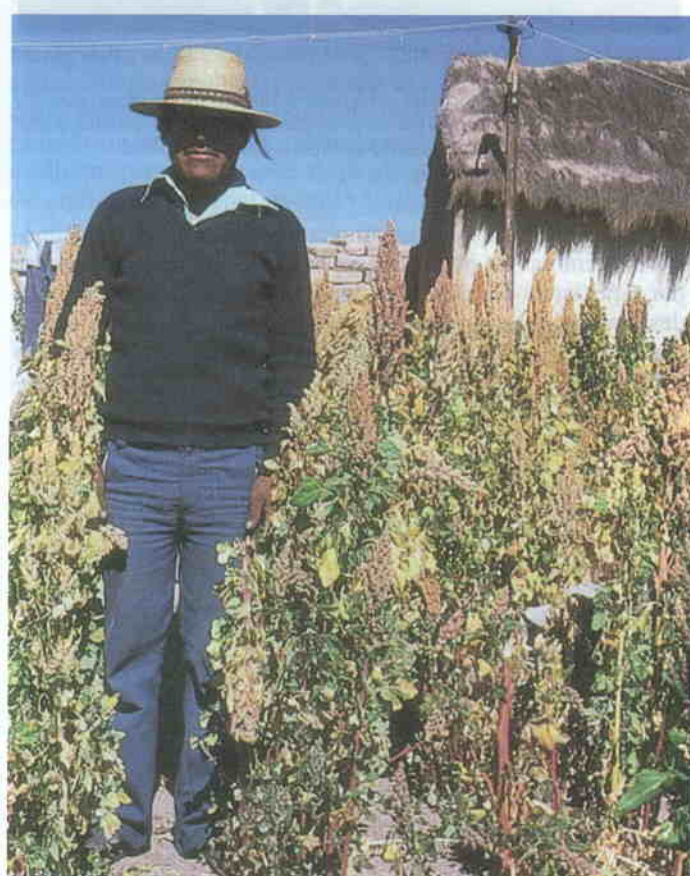
(a)



(b)



(c)



(d)

34.9

Uma forma distinta de agricultura foi desenvolvida em grandes altitudes nos Andes da América do Sul. (a) Campos cultivados nas montanhas do noroeste da Argentina. (b) Um campo de batata (*Solanum tuberosum*) no Equador. Apenas uma seleção limitada da diversidade genética disponível de batatas tem sido usada para o melhoramento da cultura, uma das mais importantes do mundo. (c) Três das quatro principais culturas de órgãos subterrâneos cultivadas nos Andes, aqui mostradas à venda no mercado de Tarma, Peru — batatas (*Solanum tuberosum*), anhu (*Tropaeolum tuberosum*) e ulucu (*Ullucus tuberosus*). O ulucu, que pode crescer em altitudes maiores que a batata, forma tubérculos grandes e nutritivos; ele pode muito bem tornar-se uma cultura útil em outras partes do mundo. A quarta cultura de órgãos subterrâneos que é comum nos Andes é a oca (*Oxalis tuberosa*), que é cultivada em escala limitada na Nova Zelândia e outras regiões. Os tubérculos de todas essas quatro plantas são naturalmente secos a baixa temperatura pelos agricultores andinos, após o que eles podem facilmente ser estocados para o consumo posterior. (d) A quinoa (*Chenopodium quinoa*), planta da família da beterraba (*Chenopodiaceae*), e produtora de sementes, é uma importante cultura nos Andes — aqui mostrada sob cultivo no norte do Chile — e está agora sendo testada para um cultivo mais generalizado.



34.10

O girassol (*Helianthus annuus*), uma cultura importante devido ao óleo que é obtido de suas sementes, foi inicialmente domesticada há pelo menos 3.000 anos no que é atualmente a região central dos Estados Unidos.

aromáticas têm sido usadas amplamente em culinária em épocas tão remotas até onde chegam os nossos registros; a procura por especiarias desempenhou um papel fundamental nas grandes viagens de portugueses, holandeses e ingleses que começaram no século treze e acabaram levando às descobertas das terras do Hemisfério Ocidental. As mais importantes especia-



34.12

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) é conhecida há milhares de anos como uma importante especiaria. Em escala mundial, o uso e o consumo da pimenta-do-reino é aproximadamente igual ao de todas as especiarias juntas.

rias provieram dos trópicos da Ásia; elas foram responsáveis pelas viagens e também por um grande número de conflitos bélicos. No terceiro século a.C., caravanas de camelos — que precisavam freqüentemente de dois anos para a viagem — carregavam especiarias da Ásia tropical de volta para as civilizações da região do Mediterrâneo. Entre essas especiarias, estavam a canela (a casca de *Cinnamomum zeylanicum*), a pimenta-do-reino (os frutos secos e moídos de *Piper nigrum*; Fig. 34.12), o cravo (as gemas florais secas de *Eugenia aromatica*), o cardamomo (as sementes de *Elettaria cardamomum*), o gengibre (os rizomas de *Zingiber officinale*), além da noz-moscada e macis (respectivamente, as sementes e a cobertura externa



(a)



(b)

34.11

A mandioca (*Manihot esculenta*), uma das mais importantes culturas de órgãos subterrâneos em todas as regiões tropicais. A tapioca é produzida a partir do amido extraído das raízes dessa planta. Algumas das linhagens cultivadas, as mandiocas bravas, contêm substâncias cianogênicas venenosas, que devem ser removidas antes que a raiz seja ingerida. (a) Mandioca cultivada na clareira de uma floresta no sul da Venezuela. (b) Uma mulher Tirió no sul do Suriname, descascando uma mandioca para prepará-la para o cozimento.



34.13

A noz-moscada (*Myristica fragrans*) é uma das mais importantes e tradicionais especiarias da Ásia tropical. A noz-moscada propriamente dita é obtida das sementes moídas, enquanto a especiaria macis provém do arilo carnoso das sementes, visto aqui como estrias de tecido vermelho. Pássaros agem como dispersores naturais das sementes, ao remover o arilo e consumi-lo, pelo seu alto conteúdo protéico. A semente logo cai e é dessa forma plantada no solo da floresta, longe da árvore-mãe dessa espécie dióica.

seca das sementes de *Myristica fragrans*; Fig. 34.13). Quando os romanos aprenderam que, valendo-se das mudanças sazonais das monções, poderiam chegar à Índia por mar através de Aden, eles abreviaram a viagem em cerca de um ano — mas ainda assim era uma empreitada altamente perigosa e incerta. Um menor número de especiarias adicionais, incluindo a baunilha (os frutos secos e fermentados da orquídea *Vanilla planifolia*; ver Fig. 22.15), a pimenta vermelha (*Capsicum* spp.) e a pimenta-da-jamaica ou todas-as-especiarias (as bagas imaturas e secas de *Pimenta officinalis*), assim chamada porque era considerada a combinação dos aromas da canela, do cravo e da noz-moscada, vieram dos trópicos do Novo Mundo após as viagens de Colombo.

As Ervas Aromáticas Originaram-se em Muitas Partes do Mundo

Na Europa e na região do Mediterrâneo, havia geralmente muitas espécies distintas de ervas aromáticas nativas, algumas delas muito conhecidas localmente e, talvez por essa razão, não tão apreciadas quanto as especiarias disponíveis somente em terras distantes. Merecem destaque especial entre essas ervas, os representantes da família da menta (Lamiaceae). Incluem-se aí o timo (*Thymus* spp.), a menta (*Mentha* spp.), o basilicão (*Ocimum basilicum*), o orégano (*Origanum vulgare*) e a sálvia (*Salvia* spp.). Também eram importantes os membros da família da salsa (Apiaceae), onde se incluem a própria salsa (*Petroselinum crispum*), o aneto (*Anethum graveolens*), a alcarávia (*Carum carvi*), a erva-doce (*Foeniculum vulgare*), o coriandro (*Coriandrum sativum*) e o anis (*Pimpinella anisum*). Alguns membros dessa família (a salsa, por exemplo) são cultivados primariamente pelas suas folhas, e alguns (como a alcarávia) o são pelas suas sementes, mas muitos (como o aneto e o coriandro) o são por ambas as partes.

O estragão (*Artemisia dracunculus*) é uma erva aromática que consiste em folhas de uma planta que pertence ao mesmo gênero da losna e da artemísia do oeste dos Estados Unidos e do Canadá. A semente da mostarda (*Brassica nigra*), que pode ser moída para constituir o condimento que chamamos mostarda, da

mesma forma provém de uma planta nativa da Eurásia. As folhas de louro, tradicionalmente obtidas da árvore *Laurus nobilis* da região do Mediterrâneo, mas agora também obtidas de *Umbellularia californica* da Califórnia e Oregon, são uma outra especiaria derivada de um representante da família Lauraceae que ocorre em regiões temperadas, embora esta família seja predominantemente tropical. O açafrão, que é muito conhecido no Oriente Médio e regiões adjacentes, consiste nos estigmas secos de *Crocus sativus*, uma planta pequena, dotada de bulbos, da família da íris (Iridaceae). Os estigmas são coletados com muito esforço, manualmente, o que explica o preço extremamente elevado do açafrão e o fato de ele ser tão apreciado — tanto pela sua cor quanto pelo seu sabor.

O café (Fig. 34.14) e o chá (*Camellia sinensis*) fornecem as duas mais importantes bebidas do mundo; ambos são consumidos primariamente devido ao alcalóide estimulante, cafeína, que eles contêm. O café é preparado a partir de sementes do cafeeiro que foram secas, tostadas e moídas, enquanto o chá é preparado a partir das porções caulinares folhosas secas da planta do chá. O café, como mencionado anteriormente, foi domesticado nas montanhas do nordeste da África, enquanto o chá foi primeiramente cultivado nas montanhas da Ásia subtropical; ambos são agora culturas espalhadas por todas as regiões quentes do mundo. O café provê agora o sustento para cerca de 25 milhões de pessoas em todo o mundo, além de representar importante fonte de divisas para as 50 nações tropicais que o exportam. Um terço do suprimento mundial de café vem do Brasil.



34.14

O café (*Coffea arabica*) é uma importante cultura de exportação em todas as regiões tropicais do mundo. É um importante membro da família Rubiaceae, tal como a quina (*Cinchona*), que produz o alcalóide quinina, importante medicinalmente. As Rubiaceae são uma das maiores famílias de todas as plantas floríferas, com cerca de 6.000 espécies, principalmente tropicais.

A Agricultura É um Fenômeno Mundial

Durante os 500 últimos anos, as importantes culturas têm sido introduzidas em todo o mundo e cultivadas em qualquer local onde elas se dão bem. Os principais cereais — trigo, arroz e milho — são cultivados em todos os locais em que o clima permite. Plantas desconhecidas na Europa antes das viagens de Colombo, inclusive o milho, o tomate e as pimentas do gênero *Capsicum*, são agora cultivadas em todo o mundo. O girassol, primeiramente domesticado em áreas que correspondem hoje aos Estados Unidos, produz agora mais da metade de sua safra mundial na Rússia. As sementes de girassol são largamente consumidas por povos como aperitivo ou “salgadinho”, enquanto a torta de girassol é importante como ração animal. As sementes de girassol estão também substituindo as tradicionais oliveiras como fonte de óleo em muitas partes da Espanha e outras áreas da região do Mediterrâneo. Em todo o mundo, o girassol está sendo extensivamente cultivado pelo seu óleo, perdendo apenas para a soja, entre as plantas cultivadas com esse propósito.

Algumas culturas tropicais também se espalharam pelo mundo. Por exemplo, a borracha (derivada de várias espécies de árvores do gênero *Hevea*, da família Euphorbiaceae) foi introduzida no cultivo em escala comercial há cerca de 150 anos. A principal área de produção da borracha localiza-se na Ásia tropical (ver Fig. 2.27). Para a borracha, assim como para muitas outras culturas, o cultivo fora das áreas onde as plantas são nativas parece ser favorecido. As plantas ficam freqüentemente livres das pragas e outras doenças que as agridem nas suas regiões nativas, a não ser, obviamente, que a praga tenha sido transportada juntamente com a planta — por exemplo, em sementes armazenadas. No entanto, a necessidade de quarentenas rigorosas para evitar que se transfiram pragas e doenças de plantas entre países e continentes não é freqüentemente observada, na ansiedade de se estabelecerem elos comerciais entre as nações.

O dendezeiro (*Elaeis guineensis*) é nativo da África ocidental, mas agora é cultivado em todas as regiões tropicais. Embora venha sendo cultivado em escala comercial há apenas 75 anos, o óleo de dendê situa-se entre as mais importantes culturas rentáveis dos trópicos na atualidade. Entre as demais, citam-se o café e a banana, ambas muito difundidas. O cacaueiro, que foi primeiramente semidomesticado nos trópicos do México e América Central, é agora uma importante cultura na África Ocidental (Fig. 34.15). A cana-de-açúcar (*Saccharum officinale*) foi domesticada na Nova Guiné e regiões adjacentes, enquanto as beterrabas foram desenvolvidas na Europa, a partir de outros representantes de suas espécies. Os inhames (*Dioscorea* spp.) são uma importante cultura tropical de órgãos subterrâneos. Um certo número de espécies de inhame é cultivado em todo o trópico, algumas delas na África ocidental, outras no sudeste da Ásia, e umas poucas — menos importantes — são cultivadas na América Latina. Os melhores inhames estão agora espalhados pelos trópicos e fornecem o alimento básico para grandes áreas. A mandioca é importante como uma cultura industrial, além de ser uma das mais importantes culturas para a alimentação humana (Fig. 34.11). Como resultado de plantios em larga escala, a mandioca tem-se tornado uma importante fonte industrial de amido e alimento animal. Toneladas de mandioca processada, seca e peletizada são exportadas do sudeste da Ásia, principalmente Tailândia, para a Europa, a fim de ser usada como importante suplemento alimentar nas indústrias de produtos suínos e de laticínios. Desde pequenas plantações até grandes fazendas mecanizadas nas América Central e do Sul, bem como na África e Ásia,



34.15

Cacau (*Theobroma cacao*), fonte de chocolate e manteiga de cacau. Os frutos, aqui mostrados, contêm várias sementes grandes. O cacau foi inicialmente domesticado no México, onde o chocolate era apreciado como bebida pelos Astecas; às vezes, as sementes eram usadas como dinheiro.

essa cultura fornece uma das mais importantes fontes alimentícias para as crescentes populações dos trópicos.

Outra entre as mais importantes plantas cultivadas nos trópicos é o coqueiro (*Cocos nucifera*), que parece ter-se originado no Pacífico ocidental ou em uma região tropical da Ásia, mas foi difundido no Pacífico ocidental e central, antes das viagens européias de exploração. Comunidades naturais de coqueiros são raras no Pacífico oriental, existindo algumas poucas na América Central. A vasta ocorrência do coqueiro pode ser conseqüência da dispersão natural dos frutos que flutuam no mar, e não devida à intervenção humana. Cada árvore produz 50 a 100 cocos por ano, que são uma rica fonte de proteína, óleo e carboidratos. As cascas e as fibras do coco, as folhas e o tronco do coqueiro são usados para a produção de muitos itens úteis, entre eles tecidos, construções e utensílios; nós comemos as partes sólidas e líquidas do endosperma.

O Suprimento Mundial de Alimento É Baseado Principalmente em Catorze Espécies de Plantas Agrícolas

A agricultura moderna tornou-se altamente mecanizada nas regiões temperadas e também em algumas partes dos trópicos. Ela tem-se tornado também altamente especializada em apenas seis espécies de plantas — trigo, arroz, milho, batata, batata-doce e mandioca — as quais provêm, direta ou indiretamente (isto é, depois de terem sido fornecidas como alimento aos animais), mais de 80% das calorias consumidas pelos seres humanos. Essas plantas são ricas em carboidratos, mas não fornecem uma dieta balanceada. Elas são em geral ingeridas juntamente com leguminosas, como o feijão, ervilhas, lentilhas, amendoim e soja, que são ricas em proteínas, e com verduras, tais como a alface, o repolho, o espinafre (*Spinacea oleracea*) e a acelga, que são abundantes fontes de vitaminas e minerais. Plantas, como o girassol e a oliveira, fornecem os lipídios, que também são necessários na dieta humana.



34.16

Beterraba (Beta vulgaris). A beterraba produtora de açúcar é simplesmente uma variedade da beterraba comum — selecionada de linhagens cultivadas anteriormente para ração e não aquelas usadas para alimentação humana — na qual o conteúdo de açúcar foi aumentado através de seleção de cerca de 2% para mais de 20%. As beterrabas foram domesticadas na Europa, onde suas folhas são há muito tempo usadas como alimento; a acelga é outra variedade de beterraba, cultivada pelas suas folhas comestíveis. Por mais ou menos 300 anos, as beterrabas foram também usadas como fonte de açúcar que tem competido com a cana-de-açúcar, que deve ser cultivada nos trópicos e importada pelos países do mundo desenvolvido. Nos Estados Unidos, a produção de açúcar bruto obtido de beterraba corresponde a cerca de um terço do total de açúcar consumido domesticamente.

Somando-se às seis principais culturas alimentícias, há oito outras de considerável importância para o homem: cana-de-açúcar, beterraba (Fig. 34.16), feijão, soja, cevada, sorgo, coco e banana. Juntas, essas 14 espécies de culturas constituem a grande maioria das que são amplamente cultivadas como fontes alimentícias.

Há grandes diferenças regionais na dieta humana. Por exemplo, o arroz (Fig. 34.6) provê mais do que três quartos da dieta em muitas partes da Ásia, enquanto o trigo (Fig. 34.17) é igualmente dominante em partes da América do Norte e da Europa. Em regiões com escassas precipitações, o milho pode ser cultivado satisfatoriamente apenas com irrigação suplementar, o que geralmente não é necessário para o trigo. Estender as áreas de produção desses grãos fundamentais e encontrar espécies de culturas adicionais são tarefas de grande importância para a espécie humana, como veremos.

O Crescimento da População Humana

Os 5 milhões de seres humanos (aproximadamente) que viviam há 11.000 anos já eram a espécie de mamíferos terrestres mais amplamente distribuída no mundo. Contudo, com o subsequente desenvolvimento da agricultura, esse número tem aumentado em ritmo acelerado.

Vários mecanismos são acionados para limitar os números de indivíduos nos grupos humanos que dependem da caça para o seu sustento. Ao caminhar, uma mulher não pode carregar mais do que uma criança juntamente com seus pertences domésticos,



34.17

Trigo de pão (Triticum aestivum), cultivado com técnicas modernas. Domesticado primeiramente no Oriente Próximo, o trigo tornou-se a planta mais amplamente cultivada nos dias atuais, em todo o mundo. Juntamente com a cevada, que é agora largamente usada como alimento animal e fonte de malte para a produção de cerveja, o trigo foi provavelmente uma das duas primeiras plantas a ser cultivada. Devido às propriedades de algumas de suas proteínas, o trigo é usado mais extensivamente que qualquer outro cereal para a fabricação do pão. As proteínas do trigo formam uma substância pegajosa, chamada glúten, que facilita o manuseio da massa e contribui para a consistência do pão.

não importa quão reduzida seja sua bagagem. Quando os meios de controle da natalidade — freqüentemente a simples abstinência do sexo — não são eficientes, a mulher pode recorrer ao aborto ou, mais comumente, ao infanticídio. Além disso, há uma alta taxa de mortalidade nessas populações, em particular entre os muito jovens, os idosos, os doentes, os inválidos e as parturientes. Como resultado desses fatores, as populações que dependem da caça tendem a permanecer pequenas. Complementarmente, não há muito incentivo para a especialização do conhecimento ou habilidades; as capacitações básicas das quais a sobrevivência individual depende são as de maior importância.

O Desenvolvimento da Agricultura Afetou Dramaticamente o Crescimento da População

Uma vez que a maioria dos grupos humanos se tornou sedentária, não mais havia a mesma necessidade urgente de limitar o número de nascimentos; as crianças devem ter-se tornado um componente mais ativo para as suas famílias do que anteriormente, colaborando nas atividades agrícolas e em outros afazeres. As pessoas podiam viver mais densamente em grupos do que anteriormente. Para as economias baseadas na caça e na coleta de alimentos, exigem-se 5 quilômetros quadrados, em média, para o fornecimento de alimento suficiente para uma família. Nas economias baseadas na agricultura, apenas uma pequena fração daquela área se faz necessária. Nas pequenas e grandes cidades que a produtividade agrícola tornou possível, o conhecimento humano tornou-se crescentemente especializado. Uma vez que os esforços de umas poucas pessoas podiam produzir alimento

suficiente para todos, os padrões de vida tornaram-se cada vez mais diversificados. As pessoas tornaram-se mercadores, artesãos, banqueiros, professores, poetas — toda a rica mistura da qual a comunidade moderna é composta. O desenvolvimento da agricultura ajustou a sociedade humana em seu curso moderno.

Como consequência do desenvolvimento da agricultura, o número de seres humanos cresceu até 130 milhões, aproximadamente, distribuídos por todo mundo, no início da era cristã. Durante um período de mais ou menos 8.000 anos, a população humana tinha aumentado 25 vezes, aproximadamente. Em torno de 1650, a população mundial tinha atingido 500 milhões, com muita gente vivendo em centros urbanos (Fig. 34.18). O desenvolvimento da ciência e da tecnologia havia começado, como também o processo de industrialização, fazendo emergir profundas mudanças adicionais nas vidas dos seres humanos e nas suas relações com o mundo natural. A taxa de natalidade humana permaneceu essencialmente a mesma em todo o mundo, do século dezessete em diante, mas a taxa de mortalidade declinou dramaticamente em bases regionais, resultando daí que a população no geral tem crescido a um ritmo sem precedentes. No século vinte, a própria taxa de natalidade caiu nos países desenvolvidos.

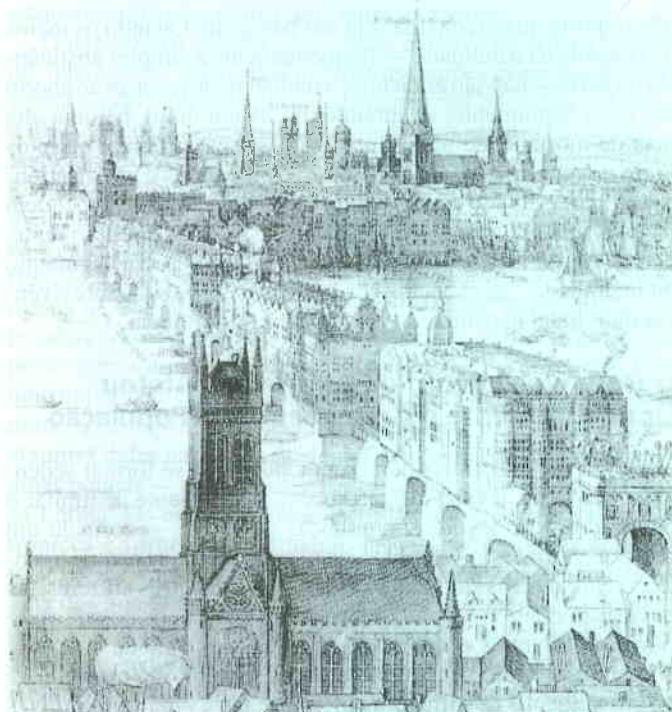
Como Será Alimentada a População em Rápido Crescimento?

No final do século vinte, há um pouco menos de 6 bilhões de pessoas em nosso planeta; em 1950, eram 2,5 bilhões. A população humana dobrou em menos de 40 anos. Em 1997, cerca de 21% das pessoas viviam no mundo desenvolvido (Estados Unidos, Canadá, Europa, Rússia, Austrália e Nova Zelândia), apro-

ximadamente 21% na China e o restante no mundo em desenvolvimento, a maioria consistindo em países tropicais ou subtropicais, pelo menos parcialmente.

Para o planeta como um todo, a população está crescendo aproximadamente 1,5% ao ano. Isso significa que mais ou menos 165 pessoas são adicionadas à população mundial a cada minuto — mais do que 240.000 por dia, ou cerca de 88 milhões a cada ano — mais ou menos igual à população da Alemanha ou México. Uma alta proporção — geralmente cerca de 35 a 48% — de seres humanos que vivem nos países em desenvolvimento têm menos de 15 anos de idade; a porcentagem correspondente aos países desenvolvidos é de cerca de 12 a 18% na Europa e Japão, 20% no Canadá e 22% nos Estados Unidos. Esses indivíduos jovens ainda não atingiram a idade na qual eles normalmente geram filhos. Consequentemente, o crescimento populacional nos países em desenvolvimento não pode a curto prazo ser colocado sob controle, muito embora a política governamental e a escolha individual favoreçam essa tendência. Com 6 bilhões de pessoas no mundo no ano 2000, aproximadamente um bilhão — igual à totalidade da população global 200 anos atrás, nas primeiras décadas da Revolução Industrial — terão sido adicionadas durante a década de 1990. Mais do que 95% desse crescimento ocorrerá nos países em desenvolvimento.

Se esforços em escala global para promover o planejamento familiar continuarem a ser seriamente perseguidos, a população da Terra se estabilizará em cerca de 8-8,5 bilhões de pessoas; de outro modo, o total será maior, talvez na faixa de 10-12 bilhões — mas tudo depende de ações futuras. No contexto dos próximos 100 anos, as próximas poucas décadas se revelarão provavelmente um dos mais difíceis períodos jamais enfrentados pela raça humana (Fig. 34.19). Em 1996, o Banco Mundial estimou que 1,4 bilhão de pessoas — aproximadamente uma em cada quatro de nós — estavam vivendo na miséria absoluta. Essas pessoas eram incapazes de obter alimento, abrigo ou roupas regularmente. Mais ou menos 500 milhões de pessoas — cerca de uma em dez — estavam recebendo menos de 80% da ingestão diária de calorias alimentícias recomendada pelas Nações Unidas; suas mentes e corpos estão literalmente definhando.



34.18

Londres foi uma das prósperas cidades da Europa no século dezessete, com uma influência que chegava às mais distantes partes do mundo, à medida que a população global aumentava. A população humana atingiu o nível de 1 bilhão de pessoas em 1850.



34.19

Essas pessoas empobrecidas, que vivem nos subúrbios de Tegucigalpa, Honduras, representam a condição da maioria da população mundial. As suas perspectivas para o futuro dependem diretamente da limitação do crescimento populacional, da incorporação dos pobres na economia global e da descoberta de métodos novos e melhores para a produtividade agrícola nos trópicos e subtropicais.

Estima-se que o homem está atualmente consumindo cerca de 40% da produtividade fotossintética líquida terrestre total, e que a produtividade tem decrescido muito pelas queimadas e aberturas de clareiras no passado. Embora tenhamos conseguido um aumento de 2,6 vezes na produção mundial de grãos desde 1950, tal incremento foi obtido à custa de não menos que 25% das camadas superficiais do solo e mais do que 15% das terras que estão em cultivo. Como vimos no Capítulo 33, carecemos de tecnologia agrícola para converter a maior parte das terras nos trópicos em produtividade sustentável. A maior parte das terras no mundo, que podem ser cultivadas usando as técnicas disponíveis, já estão sob cultivo. Apesar disso, a grande maioria da população mundial, que vive nos trópicos e tem um rápido crescimento, deve ser alimentada de algum modo. A tarefa não pode ser feita exportando-se os excedentes das terras mais produtivas do mundo desenvolvido. A solução para o problema de alimentar a população mundial tem que ser encontrada nas regiões onde a maioria da população vive — nos trópicos e subtrópicos.

Aumentos substanciais na quantidade de alimento são necessários, se a população mundial deve ser nutrida adequadamente, especialmente se levarmos em conta a grande e crescente demanda por alimentos ricos em proteína no mundo em desenvolvimento. Realisticamente, parece haver poucas esperanças para atingir-se essa meta. Em algumas áreas tropicais, tais como na África ao sul do Saara, a produção de alimento *per capita* está na verdade em declínio. Recentemente, até mesmo a produção de alimento *total* tem-se reduzido nessa vasta área, cuja população está bem acima dos 500 milhões e em rápido crescimento. Para os cidadãos dos EUA, que gastam em média menos do que um quinto de seus rendimentos pessoais em alimento, o custo crescente na alimentação já causa sérias preocupações. Para as pessoas das nações em desenvolvimento, que chegam a gastar 80 a 90% de suas rendas em alimentos, isso pode ser uma sentença de morte. De fato, em países como Bangladesh e Haiti, e em regiões como o leste da África, os seres humanos estão morrendo em números crescentes, devido à falta de alimento. Como essa situação pode ser melhorada?

A Agricultura no Futuro

Progressos na Agricultura Trouxeram Problemas e Benefícios

O primeiro avanço significativo que levou a um incremento massivo na produtividade agrícola foi o desenvolvimento da irrigação (Fig. 34.20). A necessidade de fornecer água às culturas tem sido sempre tão evidente que a irrigação foi praticada no Oriente Próximo em épocas tão remotas como há 7.000 anos, e ela foi desenvolvida independentemente no México há cerca de 5.000 anos. Durante os dois últimos séculos, maquinaria cada vez mais eficiente e especializada vem sendo desenvolvida para a agricultura, e grandes aumentos de produtividade têm sido conseguidos. Os adubos têm sido amplamente usados, com sua produção dependendo fortemente do uso de combustíveis fósseis. Um dos grandes problemas no mundo todo é como utilizar os ganhos na produtividade, conseguidos com uma crescente mecanização, irrigação e adubação, sem o desemprego simultâneo de milhões de trabalhadores. Em todo o mundo em desenvolvimento, bem mais de três quartos das pessoas estão diretamente engajadas na produção de alimento, em contraste com os menos de 3% nos Estados Unidos no final do século vinte.



34.20

Este campo de algodão irrigado no Texas é representativo da agricultura moderna e intensiva. No entanto, a irrigação pode impor sérios problemas ambientais a longo prazo, especialmente se ela for associada ao uso intensivo de pesticidas e herbicidas. Em todo o mundo, usam-se mais pesticidas no algodão do que em qualquer outra cultura.

A pesquisa já tem feito muito para melhorar a agricultura. Nos Estados Unidos, o sistema colegiado de fomento à agricultura e as estações estatais associadas de experimento agrícola têm feito contribuições fundamentais nessa área. No entanto, muitos problemas permanecem. O custo energético para a produção agrícola nos Estados Unidos e em outros países desenvolvidos é muito alto. A agricultura moderna depende também de um sistema de distribuição elaborado, muito dispendioso em termos de energia e que pode ser facilmente arruinado. Uma proporção significativa de cada cultura, a quantidade exata sendo dependente da região e do ano, é perdida devido aos insetos e outras pragas. Em muitas regiões, uma outra proporção significativa é perdida após a colheita, ou por apodrecimento, ou para insetos, ratos, camundongos e outras pragas. A água está cada vez mais cara em muitas áreas, e a qualidade dos suprimentos hídricos é frequentemente degradada pelo percurso em campos aos quais fertilizantes e pesticidas foram aplicados. A erosão do solo é um problema em todas as partes e piora com a intensidade da atividade agrícola (Fig. 34.21). Muitos esforços estão a caminho para conseguir melhorias na produtividade agrícola, na proteção das culturas contra as pragas e na eficiência do uso da água nas lavouras. Cada um desses itens será discutido neste capítulo.

Melhorar a Qualidade das Atuais Plantas Agrícolas É um Objetivo Importante

A abordagem mais promissora para minorar o problema do alimento no mundo parece residir num ulterior desenvolvimento das culturas presentes, que crescem em terras que já estão em cultivo. A maior parte dos terrenos adequados para a agricultura já está sendo aproveitada, e o aumento de suprimentos de água, fertilizantes e outros implementos para as culturas não são economicamente viáveis em muitas partes do mundo. Desse modo, o melhoramento genético das culturas existentes é de excepcional importância. Tal desenvolvimento envolve não apenas a melhoria dos rendimentos dessas culturas, mas também a melhoria da quantidade de proteínas e outros nutrientes que elas contêm. A *qualidade* da proteína nos alimentos vegetais é tam-



34.21

O uso do sistema de cultivo sem arar, que combina práticas agrícolas antigas e modernas, tem-se ampliado rapidamente. Em torno do ano 2000, 65% das áreas cultivadas nos Estados Unidos estarão adotando condições de não-aradura. A erosão do solo é virtualmente eliminada nesse sistema, como se vê com o milho, plantado sem aradura numa cobertura morta de trevo (à direita). Compare com a erosão evidente no milho plantado convencionalmente (à esquerda). Esta foto foi tirada logo após uma tempestade primaveril. Quando os métodos da não-aradura são usados, a aplicação de energia na produção do milho e soja é reduzida em 7 e 18%, respectivamente, mas o rendimento das culturas é tão alto ou mais elevado quanto aquele obtido convencionalmente com a aradura em fileiras ou em discos.

bém da maior importância para a nutrição humana: os animais, inclusive o homem, devem obter do seu alimento a proporção correta de todos os aminoácidos essenciais — aqueles que eles próprios não conseguem produzir. Nove dos 20 aminoácidos exigidos pelo homem devem ser obtidos do alimento (Cap. 2); os outros 11 podem ser produzidos pelo organismo humano. As plantas que foram selecionadas para uma melhoria no conteúdo protéico, contudo, inevitavelmente têm maiores exigências de nitrogênio e outros nutrientes do que os seus antecessores menos modificados. Por essa razão, as culturas melhoradas não podem ser cultivadas sempre nas terras marginais, onde elas seriam especialmente úteis.

A qualidade das culturas pode também ser melhorada em muitos aspectos, além da produtividade, composição e quantidade protéicas. As variedades de plantas recentemente desenvolvidas podem ser mais resistentes a doenças, como nos casos em que elas contêm metabólitos secundários que os seus herbívoros consideram impalatáveis; mais interessantes na aparência, forma ou cor (como as maçãs vermelhas mais brilhantes); mais adaptáveis ao armazenamento e transporte (como os tomates que se empilham melhor nas caixas); ou melhoradas em outros atributos que são importantes para a cultura em questão.

Durante décadas, o melhorista vegetal, esquadrihando pacientemente a diversidade genética disponível e produzindo híbridos e variedades mais promissoras, produziu milhares de linhagens melhoradas de nossas principais culturas (Fig. 34.22). Tipicamente, milhares de híbridos são produzidos e avaliados, a fim de encontrar uns poucos que representam melhorias genuínas, em relação àquelas que já estão sendo amplamente cultivadas. Por exemplo, a produção de milho por hectare nos Estados Unidos foi aumentada oito vezes entre as décadas de 1930 e 1980,



34.22

Norman Borlaug, a quem foi concedido o Prêmio Nobel da Paz em 1970. Borlaug foi o líder de um projeto de pesquisa patrocinado pela Fundação Rockefeller. No projeto, desenvolveram-se novas linhagens de trigo no Centro Internacional para o Melhoramento do Milho e do Trigo (CIMMYT) no México. Cultivadas amplamente, essas linhagens mudaram a condição do México de um importador de trigo, quando o programa se iniciou em 1944, para o de um exportador em 1964. Borlaug também desempenhou um papel vital para a introdução de variedades de trigo de alto rendimento na Índia e no Paquistão.

muito embora bem pouco da diversidade genética dessa notável planta tenha sido utilizado no processo.

As Plantas do Milho Híbrido São Altamente Produtivas

O aumento na produção do milho foi possível em grande parte devido à introdução da semente do **milho híbrido**. Linhagens autogâmicas de milho (originalmente elas mesmas de origem híbrida) são usadas como parentais. Quando elas são cruzadas, o resultado é uma semente que produz plantas híbridas muito vigorosas. As linhagens a serem cruzadas são plantadas em fileiras alternadas, com os pendões (inflorescências estaminadas) sendo removidos de uma fileira, manualmente ou através de máquinas, de tal modo que as sementes dessas plantas serão de origem híbrida. Através de uma seleção cuidadosa das melhores linhagens autogâmicas, podem-se produzir linhagens vigorosas de milho híbrido que são adequadas para o cultivo em qualquer localidade. Devido às características uniformes das plantas híbridas, elas são mais fáceis de serem colhidas e propiciam uniformemente rendimentos muito maiores do que os indivíduos não-híbridos. Menos do que 1% do milho cultivado nos Estados Unidos em 1935 era milho híbrido, mas agora virtualmente todo ele o é. Muito menos água, fertilizantes, pesticidas e esforço são agora necessários para obter colheitas muito maiores por hectare.

Pesquisas nos Centros Internacionais de Melhoramento Vegetal Tornaram Possível a Revolução Verde

Esforços extensivos vêm sendo feitos nas últimas poucas décadas a fim de aumentar os rendimentos de trigo e outros grãos, em particular nas regiões quentes. Tais esforços levaram a dramáticas melhorias nos rendimentos das culturas, em grande parte nos centros internacionais de melhoramento de culturas, localizados em áreas subtropicais. Quando as linhagens melhoradas de trigo, milho e arroz produzidas nesses centros foram cultivadas em

países como o México, Índia e Paquistão, elas tornaram possível o padrão de produtividade agrícola melhorada que tem sido denominada a Revolução Verde. As técnicas de melhoramento, adubação e irrigação que foram desenvolvidas como parte da Revolução Verde têm sido aplicadas em muitos países do mundo em desenvolvimento.

Toda cultura de grãos requer excelentes condições para fornecer altas produtividades, de tal modo que tanto a adubação, quanto a mecanização e a irrigação, têm sido componentes necessários do sucesso da Revolução Verde. Relativamente, apenas os proprietários de terras mais ricos têm sido capazes de cultivar as novas linhagens, e em muitas áreas o efeito líquido tem sido o de acelerar a consolidação das fazendas em umas poucas grandes corporações pelos mais abastados proprietários. Tal consolidação não tem, necessariamente, oferecido nem empregos nem alimentos para a maioria das populações locais.

O Triticale É um Híbrido Promissor Entre o Trigo e o Centeio

Os métodos tradicionais do melhorista vegetal podem às vezes levar a resultados surpreendentes. Por exemplo, híbridos de trigo (*Triticum*) com centeio (*Secale*), que são chamados **triticale** (o nome científico é *Triticosecale*), têm-se tornado uma cultura de crescente importância em várias áreas e detêm muita promessa para o futuro (Fig. 34.23). Híbridos de triticale surgiram em seqüência a uma duplicação espontânea do número cromossômico num híbrido estéril entre trigo e centeio (ver Cap. 12) e foram depois produzidos artificialmente. Em meados da década de 1950, J.G. O'Mara, da Universidade Estadual de Iowa, produziu tais híbridos usando o composto colchicina, que interrompe a formação da placa celular e permite assim a duplicação do número de cromossomos da célula tratada.

Infelizmente, o triticale é apenas parcialmente fértil, e o seu endosperma freqüentemente se desenvolve mal. Ele combina o alto rendimento e a alta qualidade do trigo com a resistência do centeio ao frio e a doenças, mas as melhores combinações dessas características ainda estão sendo procuradas pelos melhoristas. As linhagens melhoradas de triticale estão ganhando popularidade na década de 1990 e estão sob cultivo em mais de 1 milhão de hectares, em mais de 30 países em todo o mundo. A maior parte do triticale é usada como alimento animal, mas

ele está sendo consumido em quantidades crescentes também pelo homem.

A Diversidade Genética das Culturas Deve Ser Preservada e Utilizada, a fim de se Prover Proteção contra Patógenos

Programas intensivos de melhoramento e seleção têm levado a um estreitamento da variabilidade genética das plantas cultivadas. Muita seleção artificial tem se preocupado, por razões óbvias, com o rendimento; com isso, às vezes a resistência às doenças foi perdida nos membros altamente uniformes de uma progênie que tem sido fortemente selecionada para rendimentos crescentes. De um modo geral, as culturas ficaram cada vez mais uniformes, à medida que determinados caracteres foram mais enfatizados que outros, e essas plantas tornaram-se mais vulneráveis aos ataques por doenças e pragas. Em 1970, por exemplo, o fungo que causa a ferrugem sulina da folha do milho, *Cochliobolus heterostrophus*, destruiu aproximadamente 15% da cultura do milho nos Estados Unidos — uma perda de cerca de 1 bilhão de dólares (Fig. 34.24). Tais perdas estavam aparentemente relacionadas ao surgimento de uma nova raça de fungo altamente destrutiva a algumas das principais linhagens de milho que estavam sendo extensivamente usadas na produção de sementes de milho híbrido. Os fatores genéticos extranucleares em muitas das importantes linhagens comerciais de milho eram idênticos, tendo sido introduzidos através de métodos usados para produzir milho híbrido quando parentais pistilados eram empregados repetidamente.

A fim de prevenir tais perdas, é necessário localizar e preservar as distintas linhagens de nossas culturas importantes, porque tais linhagens — muito embora as suas características gerais possam não ser economicamente atrativas — podem conter genes úteis para continuar a luta contra as pragas e doenças (Fig. 34.25). O germoplasma (o material hereditário) preservado em nossos bancos de sementes e clones também pode fornecer genes para o incremento dos rendimentos, para adaptação ou para determinadas características comercialmente valiosas, tais como óleos especiais. Desde os primórdios da agricultura, colossais reservas de variabilidade foram acumuladas em todas as culturas ve-



34.23

Triticale (*Triticosecale*), um híbrido poliplóide moderno entre o trigo e o centeio, que combina a alta qualidade de rendimento do trigo com a rusticidade do centeio.



34.24

Ferrugem sulina foliar do milho, doença causada pelo fungo *Cochliobolus heterostrophus*.



(a)



(b)

34.25

Preservação de linhagens de plantas cultivadas. (a) Banco de sementes do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos em Fort Collins, Colorado, mostrando sementes que estão sendo selecionadas e embaladas para estocagem prolongada. Os germoplasmas de aproximadamente 200.000 linhagens são armazenados nesse local. (b) A fazenda para produção de sementes de batata em Three Lakes, Wisconsin, que é o repositório nacional para as linhagens de batata.

getais pelos processos de mutação, hibridação, seleção artificial e adaptação a uma ampla variedade de condições. Para culturas como o trigo, a batata e o milho, há literalmente milhares de linhagens conhecidas. Além disso, há ainda mais variabilidade genética nas espécies silvestres relacionadas às plantas cultivadas; no entanto, isso se dá freqüentemente em áreas onde essa variabilidade está sendo perdida pelo avanço da civilização. O problema situa-se em encontrar, preservar e usar a variabilidade genética de plantas cultivadas e de grupos silvestres relacionados, antes que eles sejam perdidos.

Como exemplo das possibilidades da diversidade genética e o seu papel na história de uma única cultura, vamos considerar o caso da batata. Há mais de 60 espécies de batatas, muitas delas jamais cultivadas, além de milhares de linhagens conhecidas que são cultivadas (Fig. 34.9). Apesar disso, a maioria de nossas batatas cultivadas descende de umas poucas linhagens que foram trazidas da Europa no final do século dezesseis. Essa uniformidade genética levou diretamente à crise de fome

de 1846 e 1847 na Irlanda, onde a cultura da batata foi praticamente eliminada pela queima causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (ver Cap. 17). Em três anos, a população da Irlanda caiu de 8,5 milhões para 6,5 milhões, com, aproximadamente, uma em cada dez pessoas morrendo de fome ou de doenças associadas com a desnutrição; além disso, uma em cada cinco pessoas emigrou. O melhoramento posterior de linhagens de batatas resistentes à doença restabeleceu a condição da planta como cultura na Irlanda e outras regiões. Olhando para o futuro, o potencial de desenvolver ainda mais a batata como cultura, através do uso adicional de linhagens cultivadas e silvestres, é enorme.

Exemplos notáveis do potencial de se obter novo material genético de plantas silvestres foram conseguidos por melhoristas de tomate. A coleção de linhagens de tomates, em sua maior parte reunida nos últimos anos por Charles Rick e colaboradores na Universidade da Califórnia em Davis, conduziu ao efetivo controle de muitas das importantes doenças dos tomates, tais como a podridão causada pelos deuteromicetos *Fusarium* e *Verticillium* e por várias doenças virais. O valor nutritivo dos tomates foi bastante ampliado, bem como a sua capacidade de tolerar o sal e outras condições basicamente desfavoráveis, através de coletas e análises sistemáticas, e do uso de linhagens silvestres em programas de melhoramento.

Várias Plantas Silvestres Têm Grande Potencial para Tornar-se Importantes Culturas

Além das espécies vegetais já amplamente cultivadas, há muitas plantas selvagens e plantas que são cultivadas apenas localmente que poderiam, se introduzidas num cultivo mais generalizado, trazer importantes contribuições à economia mundial. Por exemplo, como mencionado anteriormente, ainda obtemos mais de 80% de nossas calorias de apenas seis espécies de angiospermas, um grupo que compreende um total de aproximadamente 235.000 espécies. Apenas cerca de 3.000 espécies de angiospermas foram alguma vez cultivadas para alimentação; a grande maioria delas ou não são mais usadas ou o são apenas muito localmente. Apenas cerca de 150 espécies vegetais foram alguma vez cultivadas amplamente.

Muitas outras plantas, no entanto — especialmente aquelas que foram usadas antes mas acabaram sendo abandonadas ou consideradas como de menor importância — podem revelar-se muito úteis. Algumas dessas espécies encontram-se ainda em cultivo em distintas partes do mundo. Embora estejamos acostumados a pensar nas plantas primariamente como importantes fontes de alimento, elas também produzem óleos, fármacos, pesticidas, perfumes e muitos outros produtos que são importantes para nossa moderna sociedade industrial. De fato, cerca de 25% dos fármacos medicamentosos comumente disponíveis são derivados diretamente de produtos vegetais. Fomos direcionados a considerar a produção de tais substâncias a partir de plantas como um método um tanto arcaico, que foi agora completamente superado pela síntese química em laboratórios industriais. A sua produção por plantas, contudo, não requer outra forma de energia que a do sol: ela existe naturalmente. Na medida em que nossas fontes não-renováveis de energia se aproximam da exaustão e os preços se elevam, tem-se tornado cada vez mais importante encontrar meios de produzir moléculas complexas menos dispendiosamente. Além disso, a vasta maioria das plantas nunca foram examinadas ou testadas para determinar sua utilidade.



34.26

Jojoba (*Simmondsia chinensis*), uma importante cultura que está sendo plantada cada vez mais em áreas áridas de todo o mundo. A jojoba é uma fonte de ceras com características lubrificantes especiais e outras propriedades úteis.

Uns poucos exemplos de culturas que foram recentemente desenvolvidas demonstrarão o grande potencial que existe na natureza. A jojoba, *Simmondsia chinensis*, apesar de seu nome científico, é um arbusto nativo dos desertos do nordeste do México e regiões adjacentes dos Estados Unidos (Fig. 34.26). As grandes sementes de jojoba contêm cerca de 50% de cera líquida, um material que tem um enorme potencial industrial. Uma cera desse tipo é indispensável como lubrificante nos casos em que pressões extremas se desenvolvem, como nas engrenagens de maquinaria pesada e nas transmissões dos automóveis. É difícil produzir cera líquida sintética em escala comercial, e o espermatoide de baleia, em risco de extinção, é a única fonte alternativa natural. A cera de jojoba é também usada em cosméticos e como aditivo de alimentos; outras aplicações ainda estão sendo descobertas para esse material singular. A planta cresce e se multiplica em desertos quentes que não são adequados para o cultivo da maioria das outras plantas, sendo algumas de suas variedades altamente tolerantes ao sal. A jojoba está sendo cultivada em áreas áridas em todo o mundo, trazendo uma importante contribuição ao desenvolvimento econômico dessas áreas, especialmente ao prover empregos para as populações locais no cultivo da planta.

A jojoba pode ajudar também a interromper a expansão dos desertos, uma vez que ela é capaz de crescer sobre solo arenoso, em locais onde a precipitação de chuvas é de apenas 7,5 centímetros por ano. Em algumas áreas, a plantação de jojoba poderia trazer uma contribuição para estabilizar o solo. Tais considerações são de primordial importância em vista do fato de que o Saara, por exemplo, está se expandindo para o sul a uma velocidade de 5 quilômetros por ano, limitando assim o potencial de produção de alimentos das áreas que ainda não são desertos. Atualmente, a Arábia Saudita, o Kuwait, o Egito, o Marrocos, o Equador e a Nigéria estão testando a jojoba com esse propósito.

Outra interessante cultura recente é o guaiule, *Parthenium argentatum* (Fig. 34.27). O guaiule é um representante da família da margarida e do girassol (Asteraceae) e é muito relacionado com a ambrósia-americana (*Ambrosia* spp.). É um pequeno arbusto nativo do norte do México e sudoeste dos Estados Unidos. Uma proporção de até 20% do corpo da planta viva pode corresponder à borracha.



34.27

Guaiule (*Parthenium argentatum*), um arbusto do deserto que produz borracha natural. Coletado inicialmente em populações naturais, o guaiule agora está sendo amplamente cultivado.

A borracha sintética substituiu a borracha natural em muitas aplicações e agora constitui aproximadamente dois terços do fornecimento mundial. Ela é produzida a partir do petróleo e é portanto não-renovável, como a borracha produzida por plantas. Quase toda a borracha natural é agora obtida de seringueiras, árvores do gênero *Hevea*, da família da mamona (Euphorbiaceae). De acordo com um relatório do Banco Mundial, no início do próximo século, enquanto a borracha sintética continuará a constituir aproximadamente dois terços dos nossos requisitos, um total de 30 milhões de toneladas de borracha natural serão necessárias para produtos que vão desde pneumáticos para serviços pesados até preservativos e luvas cirúrgicas (o vírus da imunodeficiência (HIV) atravessa qualquer outro material). Embora sejam nativas da Bacia Amazônica da América do Sul, as seringueiras são cultivadas muito satisfatoriamente na Ásia tropical. Enquanto a borracha natural havia sido extraída de plantas da floresta desde meados do século dezanove, 1899 foi oficialmente o primeiro ano com registro de produção a partir de plantações no sudeste da Ásia. Naquele ano, 4 toneladas de borracha foram colhidas de um total de 4.000 acres de árvores de seringueiras, tendo as plantas na época sido recentemente transferidas do Brasil para o sudeste da Ásia via Kew Gardens, próximo a Londres.

O guaiule propicia uma alternativa promissora a *Hevea brasiliensis*. Ele pode ser cultivado no deserto e tem o potencial de aumentar grandemente o suprimento mundial de borracha. Plantas silvestres de guaiule têm sido usadas como fonte de borracha por quase um século; campos cultivados nos Estados Unidos produziram mais de 1,3 milhão de quilogramas de borracha durante a Segunda Guerra Mundial, quando o fornecimento de borracha foi cortado pelos japoneses. Embora o guaiule tenha recebido relativamente pouca atenção durante as quatro décadas que se seguiram ao final da guerra, ele está sob ativa investigação novamente. A borracha do guaiule é hipoalergênica e assim pode substituir a borracha de *Hevea* em preservativos e outros materiais ligados à saúde.

Uma terceira cultura que poderia muito bem ser usada amplamente são os amarantos-de-grãos (várias espécies de *Amaranthus*), que foram cultivados como alimento por vários milhares de anos na América Latina, mas quase sempre em escala relativamente pequena. Os amarantos recentemente emer-

giram como um excelente exemplo de uma nova cultura em potencial. As variedades de *Amaranthus* que crescem como ervas daninhas são chamadas “pigweed” (erva-de-porco) nos países de fala inglesa, mas, em épocas pré-colombianas, as sementes dessas plantas eram um dos alimentos básicos do Novo Mundo — quase tão importante como o milho e o feijão. Mais ou menos 20.000 toneladas de sementes eram enviadas anualmente para Tenochtitlán (atualmente, Cidade do México) em tributo ao soberano dos Astecas. Os conquistadores espanhóis proibiram o povo mexicano de usar o amaranto devido à sua associação com os rituais pagãos e sacrifícios humanos, e ele sobreviveu como cultura apenas em áreas muito pequenas e locais. O teor protéico das sementes de amaranto é tão alto quanto o dos cereais; além disso, as proteínas contêm grande quantidade do aminoácido lisina, tornando-as nutricionalmente complementares aos cereais. (Muitos cereais são pobres em lisina, que é um nutriente essencial para o homem.) As folhas de algumas raças de amaranto podem também ser usadas como verduras nutritivas. Em face de todas essas virtudes, não é surpreendente que o cultivo dos amarantos esteja se disseminando por todo o mundo.

Uma importante área de pesquisa na procura de novas e valiosas culturas enfoca as espécies tolerantes ao sal. A agricultura intensiva está, em escala crescente, sendo praticada em áreas áridas e semi-áridas de todo o mundo, principalmente em resposta às demandas de uma população humana em crescimento permanente. Tais práticas impuseram enormes demandas de fornecimento de água, a qual vai se tornando salobra, à medida que vai sendo usada, reusada e poluída com fertilizantes de áreas cultivadas vizinhas. Além disso, há muitas partes do mundo, especialmente próximas às praias, onde o solo e os suprimentos hídricos são naturalmente salinos. Tais áreas são improdutivas quando cultivadas segundo os métodos agrícolas tradicionais, mas podem vir a ser usadas se as espécies corretas de plantas vierem a ser encontradas (Fig. 34.28).

Encontrar as plantas adequadas para as áreas salinas envolve não apenas procurar espécies agrícolas inteiramente novas, mas também introduzir por melhoramento a tolerância ao sal nas culturas tradicionais (ver o ensaio no Cap. 30). Nos tomates, por exemplo, uma espécie selvagem que cresce nas encostas marinhas das Ilhas Galápagos e é portanto muito resistente ao sal, *Solanum cheesmaniae*, foi usada como fonte de tolerância ao sal em híbridos novos do tomate comumente cultivado, *Solanum lycopersicum*. A seleção desses híbridos foi conduzida num meio com metade da salinidade da água do mar. Os pesquisadores conseguiram selecionar indivíduos híbridos que completam o seu desenvolvimento em água com aquela salinidade. Linhagens de cevada tolerantes ao sal foram desenvolvidas usando métodos semelhantes.

As Plantas Continuam a Ser Importantes Fontes de Fármacos

Além de seus outros usos, as plantas são importantes fontes de fármacos. De fato, cerca de um quarto das receitas médicas prescritas nos Estados Unidos contém pelo menos um produto que foi obtido de uma planta. Durante milênios, o homem vem usando plantas com objetivos medicinais. A botânica, de fato, era tradicionalmente considerada um ramo da medicina; só nos últimos 150 anos, aproximadamente, é que têm existido profissionais botânicos distintos dos médicos. Não tem havido, no entanto, qualquer esforço abrangente para identificar e colocar em uso os metabólitos secundários previamente inexplorados, de modo similar ao discutido nos Caps. 2 e 22.

Uma das razões pelas quais as plantas continuarão a ser importantes como fontes de fármacos, apesar da facilidade com que muitas substâncias podem ser sintetizadas em laboratório, é que as plantas produzem os fármacos de modo não-dispendioso, sem o fornecimento adicional de energia. Além disso, a estrutura de algumas moléculas — tais como os esteróides, incluindo a cortisona e os hormônios usados nas pílulas anticoncepcionais



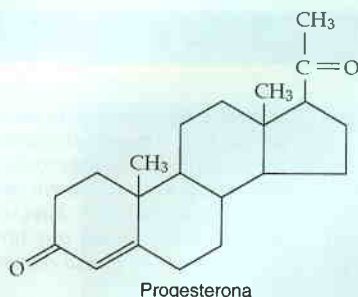
(a)



(b)

34.28

O desenvolvimento de novas culturas, ou novas linhagens de plantas ora em cultivo, que podem ter sucesso em concentrações de sal relativamente altas é importante em muitas áreas do mundo, particularmente aquelas que são áridas ou semi-áridas. (a) Berinjela (*Solanum melongena*) cultivada no Vale Arava, Israel, usando irrigação por gotejamento (a água chega às plantas através de tubos plásticos e é dessa maneira bastante economizada) com água altamente salina (1.800 partes por milhão). Há quinze anos, esse grau de salinidade era considerado incompatível com a produção de culturas comerciais. (b) Num local experimental da costa do Mediterrâneo em Israel, um arbusto forrageiro altamente nutritivo, *Atriplex nummularia*, é cultivado com 100% de água do mar. Os rendimentos são semelhantes aos conseguidos com alfafa, mas as folhas e os caules de *Atriplex* são muito salgados, e dessa forma não tão valiosos como forragem quanto a alfafa. A pesquisa, liderada por D. Pasternak e seus colaboradores na Universidade Ben-Gurion de Negev, visa superar os problemas da irrigação com água do mar, esperando-se que um dia tal tipo de irrigação possa viabilizar o cultivo de grandes áreas, que no momento são desertos costeiros.



34.29

O esteroide progesterona é o precursor dos hormônios sexuais humanos masculinos e femininos. Estruturalmente, é estreitamente relacionado com o colesterol (ver Fig. 2.14), um outro abundante esteroide humano, e com o cortisol, que é comercializado como cortisona e usado para o tratamento de inflamações. Outros esteróides são encontrados em plantas e são abundantes nos inhames (*Dioscorea*), de onde são extraídos e usados como matéria-prima para a síntese do agente ativo das pílulas anticoncepcionais. Os esteróides são extremamente ativos fisiologicamente nos vertebrados.

(Fig. 34.29) — é tão complexa que, embora as moléculas possam ser sintetizadas quimicamente, os métodos de produção tornam-nas proibitivamente caras. Por essa razão, as pílulas anticoncepcionais e a cortisona foram produzidas no passado principalmente a partir de substâncias extraídas de raízes de inhames silvestres (*Dioscorea*), obtidas principalmente do México. Quando essas fontes estavam virtualmente esgotadas, outras plantas, como *Solanum aviculare*, um representante do mesmo gênero da batata, foram desenvolvidas para se tornarem culturas.

Além das considerações de custos, a maravilhosa variedade de substâncias que as plantas produzem é importante: uma fonte de novos produtos que parece inesgotável (Fig. 34.30). Uma das maneiras pelas quais os cientistas se inteiraram do potencial de



34.30

Vinca (*Catharanthus roseus*), fonte natural dos fármacos vinblastina e vincristina. Essas substâncias, que foram desenvolvidas na década de 1960, são altamente eficazes contra certos tipos de câncer. A vinblastina é usada tipicamente contra o mal de Hodgkin, uma forma de linfoma, e a vincristina é usada nos casos de leucemia aguda. Antes do desenvolvimento da vinblastina, uma pessoa com o mal de Hodgkin tinha uma possibilidade em cinco de sobrevivência; agora, as possibilidades aumentaram para nove em dez. A vinca encontra-se espalhada em todas as regiões quentes do mundo, mas é nativa apenas em Madagáscar, uma ilha onde apenas uma pequena proporção da vegetação natural permanece intocada.



34.31

Hortense Robinson, uma curandeira de Belize, explica os usos medicinais das folhas da fruta-pão para Michael Balick, Diretor do Instituto de Botânica Econômica do New York Botanical Garden. Fervendo as folhas em água, obtém-se um extrato que é usado no tratamento de diabetes e pressão sanguínea elevada. Embora o estudo dos usos medicinais de plantas de floresta tenha levado à descoberta de fármacos importantes, tais como o cloreto de D-tubocurarina (usada como relaxante muscular em cirurgia cardíaca) e a ipeca (empregada no tratamento da disenteria amebiana), as oportunidades para conseguir tais conhecimentos estão rapidamente desaparecendo à medida que as culturas indígenas se extinguem. Grupos inteiros de povos perdem seus hábitos tradicionais de vida; florestas e outras áreas silvestres que contêm plantas medicinais são destruídas. Conhecimentos valiosos que foram acumulados através de milhares de anos por meio de experimentos de tentativa-e-erro estão sendo esquecidos num período de tempo muito pequeno. Muitas dessas informações têm sido transmitidas oralmente, uma vez que registros escritos inexistem.

novos fármacos é o estudo dos usos medicinais das plantas, adotados por populações rurais ou indígenas (Fig. 34.31). Por exemplo, as propriedades contraceptivas dos inhames do México foram “descobertas” dessa maneira.

À medida que expandimos nossa pesquisa por plantas úteis, devemos ter em mente a rápida perda de espécies que se relaciona com (1) a rápida expansão da população humana; (2) a pobreza, especialmente nos trópicos, onde ocorrem dois terços das espécies vegetais; e (3) nosso conhecimento incompleto de como construir sistemas agrícolas produtivos nos trópicos. Com a completa destruição das florestas tropicais ainda não perturbadas, que aparentemente ocorrerá com grande probabilidade em um século, muitas espécies de plantas, animais e microrganismos serão extintas. Uma vez que o nosso conhecimento das plantas, especialmente as tropicais, é tão rudimentar, estamos diante da perspectiva de perder muitas delas antes mesmo de nos inteirmos de sua existência e, obviamente, sem a mínima possibilidade de examiná-las para verificar se elas teriam utilidade para nós. O exame de plantas silvestres para o uso potencial do homem deve ser acelerado, e espécies promissoras devem ser preservadas em bancos de sementes, em culturas ou, preferencialmente, em reservas naturais.

A Engenharia Genética Desempenhará um Papel Cada Vez Mais Importante no Melhoramento das Plantas Agrícolas

Uma das mais importantes maneiras pelas quais as culturas serão melhoradas é através de métodos da engenharia genética. Os

Um Novo Milênio: A Transição para a Sustentabilidade

"Não podemos sustentar outro século como este", advertiu o conservacionista George Schaller em uma conferência nacional sobre biodiversidade e ecossistemas levada a efeito em Washington, D.C., no outono de 1997. Mas com evidências de progresso em toda parte — ar mais limpo, fornecimentos de alimentos e água mais seguros, além de maior atenção à preservação de habitats silvestres em todo lugar — o que essa afirmação significa para um cidadão dos Estados Unidos, a nação mais próspera da Terra?

Em termos simples, nosso sistema é insustentável. Ele tornou-se possível através do uso de energia e matérias-primas, ambas abundantes e baratas, e também pela desconsideração dos custos ambientais de sua exploração em larga escala. A evidência desses custos está agora assustadoramente clara: o crescimento dramático da população, redução da disponibilidade de recursos, redução da biodiversidade, além de mudanças atmosféricas globais, cujos efeitos estão se ampliando em alcance e consequências para todas as formas de vida. Desenvolver estratégias para o desenvolvimento sustentável que não envolvam tais degradações ambientais é o desafio que enfrentamos, se pretendemos evitar "outro século como este".

A sustentabilidade começa com o reconhecimento de que vários fatos simples e inalteráveis modulam nossa relação com o ambiente. Ainda mais importante, a Terra é um planeta único, cujo funcionamento é o resultado das atividades de seus sistemas providos de vida. Para todos os fins práticos, a única coisa que alcança a superfície da Terra é a luz do sol, e nada a abandona — absolutamente nada — exceto alguma energia que é irradiada de volta ao espaço. Coletivamente, devemos defender corajosamente a atitude de que não podemos "jogar fora" nada, porque é impossível "jogar fora"!

Devemos também reconhecer que o século vinte foi um período único na história. Apenas na segunda metade deste século, a população mundial cresceu de 2,5 bilhões para mais de 6 bilhões. Esse crescimento populacional tem tido profundas consequências ecológicas. Durante esse período, perdemos com a erosão cerca de um quarto da superfície das camadas externas do solo da Terra e perto de um quinto da terra cultivável, devido à combinação de práticas agrícolas inadequadas e abuso de áreas agrícolas marginais. Alteramos substancialmente a composição atmosférica. Derrubamos sem reposição cerca de um terço das florestas que existiam em 1950. Quase 50% do total da produtividade fotossintética líquida da Terra — a produção de quase metade de todas as plantas terrestres no mundo — é direta ou indiretamente consumida, gasta ou redirecionada (por exemplo quando uma cidade substitui uma floresta) pelo homem. Para o restante das presumíveis 5 a 7 milhões de espécies de organismos eucariotos sobra aproximadamente apenas a mesma quantidade de energia que nós usamos. Não

é de admirar que muitas delas estão se extinguindo.

E elas estão se tornando extintas em um ritmo alarmante. As atividades humanas têm levado a um incremento de mil vezes a velocidade de extinção em escala mundial, de tal modo que, para cada nova espécie que surge por evolução, mais de 1.000 desaparecem. Mesmo após o recente reconhecimento do problema, esse ritmo continua em escalada crescente. Ao final do século vinte e um, a não ser que haja urgente e profunda mudança no nosso comportamento, nada menos do que três quartos de todas as espécies que vivem em ambiente terrestre se extinguirão ou estarão em vias de extinção. Existiram somente cinco grandes eventos de extinção nos mais de 3,5 bilhões de anos da história da vida na Terra, todos aparentemente causados por cataclismas ambientais, como colisões de asteroides. O século vinte testemunhou o início do sexto grande evento, mas este é causado por atividades de uma única espécie, nós mesmos.

Mesmo que não haja razões morais, éticas e religiosas para preservar as espécies no mundo, há razões bem práticas para fazê-lo. Acreditamos que o século vinte e um será a era da biologia, no sentido de que os genes, os organismos individuais, ecossistemas inteiros serão usados para produzir bens e reparar danos ambientais. Claramente, não é de nosso interesse permitir que tantos organismos sejam extintos, especialmente porque só conseguimos até agora catalogar, segundo estimativas, um quarto das espécies que existem na Terra. Nunca vimos e, muito menos, analisamos o potencial da maioria das espécies que estão se perdendo.

Essa perda de biodiversidade pode acelerar-se ainda mais, devido às mudanças atmosféricas globais causadas pelas ameaças gêmeas dos gases clorofluorcarbonos e os do efeito estufa.

Durante aproximadamente 3,5 bilhões de anos, a atividade fotossintética dos organismos vivos alterou a nossa atmosfera, passando de redutora, rica em hidrogênio, para oxidante, com cerca de 21% de oxigênio. Esse oxigênio (O_2) está em equilíbrio com o ozônio (O_3). O ozônio existe primariamente na estratosfera, a centenas de quilômetros acima da superfície da Terra, onde desempenha um papel primordial, ao bloquear a radiação UV-B, que é altamente destrutiva às proteínas e ácidos nucleicos — os blocos constitutivos fundamentais da vida. A formação dessa camada protetora de ozônio marcou um ponto de virada na evolução da vida. Os clorofluorcarbonos (CFCs), uma classe de gases de vida média longa, produzidos pela primeira vez há cerca de 75 anos, e largamente usados em refrigeração, destroem o ozônio. Percolando as camadas superiores e se introduzindo na estratosfera, eles têm sido os responsáveis até agora pela decomposição de algo em torno de 6 a 8% do ozônio, elevando a incidência de câncer maligno de pele para 20 a 25% nas latitudes médias e para índices ainda maiores

nos pólos. Essa tendência é tão séria que as nações de todo o mundo chegaram a um acordo para interrompê-la, e a produção de CFC está atualmente em declínio em atendimento aos acordos internacionais. Estes sinalizam um reconhecimento, ainda que tardio, de que a sustentabilidade global requer soluções globais.

Uma rodada de negociações internacionais teve lugar em Kyoto, Japão, no final de 1997, para a discussão sobre a proliferação dos gases do efeito estufa, em particular o dióxido de carbono. O nível atmosférico do dióxido de carbono tem se elevado rápida e regularmente desde o começo da Revolução Industrial em meados do século dezoito. Das 190 partes por milhão no final da última Era Glacial (aproximadamente 18.000 anos atrás) às 250 partes por milhão no início da Revolução Industrial no final do século dezoito, o nível de dióxido de carbono ascendeu agora a cerca de 362 partes por milhão. Ele continua a subir rapidamente. O excesso de dióxido de carbono está adentrando a atmosfera primariamente como resultado da queima de "combustíveis fósseis", formados a partir de antigos organismos vivos e preservados no subsolo como óleo, carvão e gás natural. Além disso, mais ou menos um quarto do total de dióxido de carbono que é adicionado à atmosfera provém da derrubada de florestas, onde muito carbono é naturalmente armazenado.

A razão pela qual o nível crescente de dióxido de carbono representa um problema é que ele absorve algumas das radiações do infravermelho, através das quais o calor escapa para o espaço extraterrestre. Assim, juntamente com o vapor de água, metano e os CFCs, o dióxido de carbono age de modo semelhante ao vidro de uma estufa, fazendo com que a Terra fique mais aquecida do que ela seria se esses gases não estivessem presentes. Os planetas que têm atmosfera rica em dióxido de carbono são muito quentes, enquanto aqueles que não o possuem são muito frios. Sem qualquer dióxido de carbono na atmosfera a média anual de temperatura da Terra seria de cerca de -15°C ; com ele, a temperatura é de cerca de 12°C . Ao longo da história do nosso planeta, condições incomuns de frio têm prevalecido quando os níveis de dióxido de carbono estiveram baixos e condições incomuns de calor ocorreram quando houve níveis elevados.

No decorrer da década de 1990, tornou-se evidente não só que o aquecimento global começou, com o aumento de $0,3$ a $0,6^\circ\text{C}$ já documentado, como também que esse aquecimento está se processando de modo mais rápido do que os que ocorreram no final das Eras Glaciais. O Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas, uma corporação patrocinada pelas Nações Unidas que inclui muitas lideranças de especialistas em modelagem climática e de outros campos relevantes, calculou um aumento nas temperaturas globais de $1,5$ a 5°C até o final do próximo século, a não ser que os padrões



Derrubada de um bosque de crescimento antigo na Floresta Nacional Gifford Pinchot, no sul do Estado de Washington. As derrubadas continuam nos 5% remanescentes das florestas de crescimento antigo da nação, muitas das quais fornecem habitats críticos de espécies silvestres ameaçadas de extinção. Além disso, elas estão localizadas em zonas de mananciais.

atuais de atividade sejam alterados radicalmente.

Muitas condições de desafio provavelmente surgirão como resultado do aquecimento previsto. Por exemplo, o nível do mar já subiu de 8 a 18 centímetros, e prevê-se que se eleve a 60 centímetros ou mais durante o próximo século, colocando centenas de milhões de pessoas sob o risco de submergir ou se deslocar pelo mundo. Grandes alterações nas correntes oceânicas, como a Corrente do Golfo, podem ocorrer, talvez alterando as precipitações pluviométricas ou outros aspectos climáticos, tornando a agricultura difícil ou impossível em muitas das áreas que são atualmente ricas regiões agrícolas. Mudanças radicais nos padrões de precipitação provavelmente aumentarão o número e a intensidade de tempestades violentas, tais como furacões. Tais mudanças climáticas, bem como as mudanças atmosféricas que são a sua causa, podem acelerar a velocidade de extinção, erodindo ainda mais a biodiversidade.

Os combustíveis fósseis, que impulsionam essas mudanças climáticas, também são os propulsores da economia mundial. É difícil perceber como esses níveis podem ser controlados, mas é óbvio que eles devem sê-lo. Discussões sobre a exata velocidade com que o clima está de fato se aquecendo não podem alterar o fato fundamental de que nós devemos parar de bombear quantidades gigantescas de dióxido de carbono na atmosfera.

Muito pouca gente acredita que grande parte de nossa civilização poderia sobreviver a uma duplicação do nível de dióxido de carbono presente; até mesmo o estabelecimento do aumento em, digamos, 550 partes por milhão exigiria a execução de drásticas mudanças que deveriam começar agora. Uma vez que ao se fazerem essas mudanças, em alguns casos resultará na ruptura do desenvolvimento econômico, muitas pessoas são relutantes em começá-las. Outros, como John Browne, um dos dirigentes da British Petroleum, sabiamente reconheceram que a inércia em nossa colossal economia global significa que devemos começar agora — e que os negócios e nações que assim procederem, em vez de se engajarem em reflexões sobre expectativas ou de se iludirem, serão os vencedores do futuro.

A sustentabilidade requer um fim para as decisões que foram feitas na presunção de o mundo e os seus sistemas produtivos não terem limites. Um sistema alternativo de se fazer decisões foi proposto por Karl-Henrik Robert, um reconhecido físico sueco, e seus colegas. Chamado "O Progresso Natural", esse sistema é importante devido à simplicidade de seus princípios, e porque ele trata de pontos sobre o ambiente nos quais há concordância, e não de áreas em que as pessoas discordam. O seu "sistema de condições" básico, através do qual devemos organizar nossas atividades, é simplesmente enunciado:

Não se deve permitir que a quantidade de substâncias manufaturadas ou obtidas por mineração ou seus produtos de dejetos aumentem indefinidamente na biosfera

Devemos preservar as plantas, algas e bactérias que fazem a fotossíntese, da qual toda a vida na Terra, incluindo a nossa, em última análise depende

A justiça social deve prevalecer em dimensão tal que não haja iniquidades insuportáveis entre grupos de pessoas.

Esse conjunto de princípios deve ser o esquema geral a partir do qual devemos construir um mundo sustentável. Como o ex-Subsecretário de Estado Norte-Americano Tim Wirth declarou, "A economia é uma subsidiária que pertence inteiramente ao ambiente". O mundo prosperará no futuro devido a ações de longo alcance das pessoas que reconhecem os fatos simples, inalteráveis acerca de nossas relações para com o ambiente. Como uma dessas pessoas, você tem um papel vital a desempenhar — o de um pioneiro a conseguir a sustentabilidade global para o novo milênio. Nenhum desafio que você vier a enfrentar é mais importante, e nenhum afetará tão profundamente e continuará a afetar todos os aspectos de sua vida no futuro.

biólogos moleculares aprenderam a transferir genes de outras espécies nas células vegetais. Como vimos no Cap. 12, a hibridação natural, que promove a recombinação do material genético, desempenha um importante papel no contínuo processo da evolução das plantas. De modo análogo, o melhorista vegetal tem utilizado as técnicas de hibridação para recombinar material genético com o objetivo de desenvolver plantas agrícolas com características melhoradas. O que é novo a respeito dos métodos da engenharia genética é que eles permitem que genes individualmente sejam inseridos nos organismos de um modo, ao mesmo tempo, preciso e simples. Portanto, características de interesse podem ser enfatizadas diretamente, com uma necessidade muito menor de retrocruzamentos e seleção das progênes que eram necessárias no passado. A engenharia genética é discutida mais pormenorizadamente no Cap. 28.

A Solução do Problema da Fome Requer uma Abordagem Integrada

O problema de como aliviar os sofrimentos, advindos da fome e extrema pobreza de pelo menos um quinto da população mundial, permanece sério. A Revolução Verde deve evidentemente avançar, mas, ao mesmo tempo, devemos reconhecer que as soluções mais amplas para esse problema são sociais, políticas e éticas. Elas envolvem não apenas o cultivo de alimento e a sua distribuição, mas também a criação de empregos, através dos quais os pobres possam ter acesso aos meios para comprar alimento. Elas envolvem não apenas o controle do crescimento populacional, mas também a elevação dos níveis de vida dos pobres em níveis toleráveis. Não importa quão magníficos possam ser os avanços da ciência agrícola, eles nunca serão adequados para eliminar a fome de um mundo no qual a população está crescendo rapidamente. Nos países com numerosas populações vivendo na pobreza, deve haver um sistema organizado que facilite a introdução de novas práticas agrícolas. Deve haver fontes de adubos, pesticidas, equipamento, crédito e água que sejam disponíveis a todos; os agricultores devem ser capazes de vender os seus produtos e, para tanto, de conseguir levá-los até o mercado. A engenharia genética, associada a um conhecimento mais avançado da fisiologia, certamente produzirá culturas novas e superiores; mas terão acesso a elas os bilhões de agricultores pobres do Terceiro Mundo?

As plantas devem ser desenvolvidas mais amplamente também como fontes de produtos não-alimentícios, tais como medicamentos, outros produtos químicos e energia. As nossas principais culturas foram fundamentalmente colocadas em cultivo generalizado há milhares de anos e numerosas outras plantas poderiam ser muito úteis se as identificássemos, estudássemos os seus requisitos para cultivo e as colocássemos em produção. No entanto, muitos observadores acreditam que, à medida que a vegetação vai sendo rapidamente destruída em todo o mundo, 15 a 20% do total das espécies vegetais podem tornar-se extintas durante os próximos 30 anos. Tal perda (que pode representar até 50.000 espécies de plantas) limitaria trágica e desnecessariamente nossas opções, e deve ser reduzida ao máximo. Certamente, a perspectiva de uma perda de tal magnitude faz com que a busca de plantas úteis e a sua conservação avultem como de primordial urgência.

Um conhecimento amplo da biologia vegetal tem-se tornado cada vez mais relevante para se conseguirem soluções para os mais cruciais problemas da sociedade. A estabilização da população humana deve vir em primeiro lugar, mas então a nossa atenção deve voltar-se para minorar a pobreza e a desnutrição, e tam-

bém para encontrar meios através dos quais se possa prover alimento para os povos de todos os países. Todos os princípios do crescimento e do desenvolvimento vegetal devem ser postos em prática para melhorar a atividade agrícola em todo o mundo, a fim de possibilitar ao nosso planeta abrigar números sem precedentes de pessoas, com dignidade e relativa prosperidade. Para fazê-lo, a imaginação e a engenhosidade humanas serão desafiadas até o limite, mas a empreitada é de imensa importância. Devemos fazer todos os esforços para consegui-lo.

Resumo

O Homem Surgiu Relativamente Tarde na História da Terra

A raça humana originou-se na África. O gênero *Australopithecus* existia lá há pelo menos 5 milhões de anos. O nosso gênero, *Homo*, aparentemente evoluiu a partir de *Australopithecus* há cerca de 2 milhões de anos, e a nossa espécie, *Homo sapiens*, existe há pelo menos 500.000 anos.

A Agricultura Começou no Crescente Fértil e Espalhou-se a Outras Áreas do Velho Mundo

Iniciando-se há cerca de 11.000 anos no Crescente Fértil — uma área que se estende do Líbano e Síria, passando pelo Iraque, até o Irã — o homem começou a cultivar plantas como cevada, lentilha, trigo e ervilha. Ao cultivar e cuidar dessas culturas, os antigos agricultores mudaram as características das plantas, de modo que elas foram se tornando cada vez mais nutritivas e fáceis de coletar, diferindo também em outros caracteres dos seus parentes selvagens. A agricultura espalhou-se a partir desse centro para a Europa, chegando até a Bretanha há mais ou menos 6.000 anos. Parece que ela estendeu-se também para o sul através da África, embora a agricultura possa ter-se originado ali independentemente em um ou mais centros. Muitas plantas tornaram-se culturas primeiramente na África, incluindo o inhame, quiabo, café e algodão, que foi também domesticado independentemente no Novo Mundo e talvez na Ásia. Neste continente, desenvolveu-se uma agricultura fundada em alimentos básicos, como o arroz e a soja — e, mais para o sul, os cítricos, manga, taioba, banana e outras culturas.

A Domesticação de Animais Acompanhou a Domesticação das Plantas

Os animais domésticos, iniciando-se com o cão, foram um item importante na agricultura do Velho Mundo já desde os primeiros tempos. Rebanhos de animais de pastoreio foram ecologicamente destrutivos para muitas áreas semi-áridas do Velho Mundo, especialmente quando os animais cresciam em número, mas eles também foram importantes fontes de alimento. Quando esses animais herbívoros foram introduzidos na América Latina, em seguida às viagens de Colombo, revelaram-se enormemente destrutivos em muitos habitats, inclusive nas florestas tropicais.

A Agricultura no Novo Mundo Utilizou-se de Muitas Espécies Novas

A agricultura foi desenvolvida independentemente no Novo Mundo. Ela começou há pelo menos 9.000 anos no México e no Peru. Os cães foram trazidos para o Novo Mundo por gente que migrou da Ásia, mas aparentemente nenhum outro animal ou planta doméstica foi introduzida dessa maneira. Colombo e outros que o seguiram encontraram uma verdadeira opulência de novas culturas para levar ao Velho Mundo. Essas culturas incluíam o milho, feijão comum, feijão-de-lima, tomate, tabaco, pimenta, batata, batata-doce, mandioca, moranga, abóbora, abacate, cacau e as principais espécies cultivadas de algodão.

Especiarias e Ervas Aromáticas São Valiosas pelos Seus Aromas e Sabores

As especiarias, que são partes de plantas fortemente aromáticas e geralmente ricas em óleos essenciais, podem ser derivadas de raízes, cascas, sementes, frutos ou gemas, enquanto as ervas aromáticas são geralmente folhas de plantas não-lenhosas. A canela, a pimenta-do-reino e o cravo são exemplos de especiarias; a menta, o aneto e o estragão são ervas aromáticas.

O Suprimento Mundial de Alimento É Baseado num Número Relativamente Pequeno de Plantas Agrícolas

Durante os últimos 500 anos, as importantes culturas têm sido cultivadas em todo o mundo. O trigo, o arroz e o milho, que fornecem a maior parte das calorias que consumimos, são cultivados em toda parte em que eles podem crescer; um limitado número de outras plantas conseguiram uma situação de comércio mundial. Seis culturas — trigo, arroz, milho, batata, batata-doce e mandioca — provêm mais de 80% das calorias consumidas pela população humana mundial.

O Rápido Crescimento da População Tem Causado Numerosos Problemas

A população humana cresceu de um número estimado em 5 milhões de pessoas, na época em que a agricultura começou, para 6 bilhões no final do século vinte. A população humana está crescendo muito rapidamente e mais de 95% do crescimento ocorre em países em desenvolvimento. Aproximadamente 25% da população mundial vive na miséria absoluta. Como consequência desse crescimento e da miséria generalizada, e também porque relativamente pouco se tem feito para desenvolver práticas agrí-

colas adequadas às regiões tropicais, os trópicos estão sendo ecologicamente devastados, e até 20% das espécies mundiais provavelmente serão perdidas nos próximos 30 anos.

A Resolução dos Problemas Atuais Requer uma Abordagem Integrada

O fornecimento mundial de alimento pode ser dinamizado pelos métodos tradicionais do melhoramento genético e seleção, pelo cultivo de novas culturas e pelos métodos da engenharia genética. A diversidade genética é necessária para permitir que as culturas sejam modificadas para satisfazer os diferentes requisitos que as permitam crescer satisfatoriamente em diferentes regiões; a agricultura moderna tende a reduzir a diversidade genética. Entre as mais promissoras culturas recentemente desenvolvidas estão o tritcale, os amarantos e várias espécies tolerantes ao sal. Também promissoras são algumas culturas industriais, como a jojoba, uma valiosa fonte de cera líquida para lubrificação, e o guaiule, uma fonte de borracha. Muitos fármacos são também derivados de plantas, e sem dúvida outros, em grande número, aguardam para serem descobertos. Contudo, a destruição generalizada de habitats nos trópicos está ameaçando a existência de muitas espécies vegetais potencialmente úteis, antes que elas venham a ser identificadas e exploradas.

Termos-chave Selecionados

Crescente Fértil
ervas aromáticas
especiarias

milho híbrido
Revolução Agrícola
tritcale

Questões

1. Os cereais e as leguminosas estavam entre as primeiras plantas cultivadas. Que propriedades nutricionais valiosas essas plantas acrescentam à dieta humana?
2. Explique como o desenvolvimento da agricultura afetou o crescimento populacional.
3. O que significa Revolução Verde?
4. Explique a importância de se preservar a diversidade genética de culturas vegetais como salvaguarda contra patógenos.
5. Comente sobre a importância de se introduzir por melhoramento a tolerância ao sal em plantas agrícolas tradicionais.
6. Embora muitos fármacos possam ser sintetizados em laboratório, as plantas continuam a ser importantes fontes de tais produtos. Por quê?
7. Que avanços na agricultura têm o potencial de ajudar a resolver o problema da fome mundial?