

CIÊNCIAS DO AMBIENTE

UFSCar

Universidade Federal
de São Carlos



Centro de Estudos em
Democracia Ambiental
ceda



CIÊNCIAS DO AMBIENTE

Fascículo 2

Leis da conservação da massa e da energia

Autor:

Ozelito Possidônio de Amarante Junior

Direitos dessa edição reservados ao Centro de Estudos em Democracia Ambiental da
Universidade Federal de São Carlos – CEDA-UFSCar
É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem a autorização expressa da Editora.
Capa e Projeto Gráfico: Matheus Mazini Ramos

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Amarante Junior, Ozelito Possidônio de; Oliveira, Celso Maran de
(Organizadores).

Ciências do Ambiente; fascículo 2: Leis da Conservação da Massa e da
Energia [recurso eletrônico] / Ozelito Possidonio de Amarante Junior
- São Carlos: CEDA-UFSCar, 2022.
12 p. il.

Inclui bibliografia.
ISBN 978-65-997083-1-2

1. Ambiente. 2. Crise ambiental. 3 Percepção. Amarante Junior,
Ozelito Possidonio. I.



Centro de Estudos em Democracia Ambiental
Universidade Federal de São Carlos
Via Washington Luís, km 235 CEP: 13565-905.
São Carlos, SP. Brasil
Telefone: (16) 3306-6789
<http://www.ceda.ufscar.br>

LEIS DA CONSERVAÇÃO DA MASSA E DA ENERGIA

Ozelito Possidonio de Amarante Junior

O que é matéria?

Chamamos de matéria a tudo aquilo que ocupa lugar no espaço e tem massa. A primeira parte é fácil: o que tem volume é o que ocupa lugar no espaço, ou seja, algo que tem altura, largura e profundidade. Algo que pode ter seu volume determinado por medidas diretas ou de forma indireta.

O que complica nessa definição de matéria é: o que é massa? Massa não é quantidade de matéria. Massa é algo que pode ser facilmente medido, basta colocar um corpo sobre uma balança e determina-se a massa desse corpo. Definir massa pode ser um pouco mais complexo.

Definições

Quantidade de matéria: quantidade de átomos, íons, moléculas ou ainda partículas subatômicas. Expresso em mol. Um mol tem $1,02214076 \times 10^{23}$ entidades (átomos, íons ou moléculas, por exemplo) – geralmente arredondamos para $1,02 \times 10^{23}$ entidades.

Massa: é a resistência que um corpo oferece à mudança em sua velocidade ou posição mediante ação de uma força, ou seja, é a medida quantitativa de inércia. A unidade no SI é o quilograma ($1 \text{ kg} = 1 \text{ J s}^2 \text{ m}^{-2}$).

Peso: é a força exercida por um corpo sobre uma superfície por ação da gravidade. Está ligado à massa, mas não são sinônimos. O peso varia de acordo com a localização do corpo, a massa é constante.

Essas definições de massa e peso podem ser encontradas na [Enciclopédia Britannica](#).

A matéria tem propriedades que lhe são intrínsecas. Já conhecemos duas delas: possuir massa e volume. Além disso, podemos citar: impenetrabilidade, indestrutibilidade e densidade. Ora, densidade é fácil de perceber: se um corpo tem massa e volume, a relação entre essas duas características resulta no que chamamos de densidade. Ou seja, a massa de um dado volume de chumbo puro, por exemplo é uma característica constante do chumbo (sua densidade).

John Toland (1670-1722) defendia que a impenetrabilidade e a extensão eram suficientes para definir a matéria. Obviamente que seus pensamentos foram contestados. John Locke (1632-1704) dizia que a impenetrabilidade é mais uma consequência da “solidez” de um corpo. Você pode concordar com o segundo John mencionado acima, mas quando entramos em uma piscina, não penetramos a água. Na verdade, as moléculas de água se afastam para o nosso corpo, “sólido”, passar.



Figura 1: Impenetrabilidade. Foto: Ozelito P. de Amarante Junior, 2013.

A prova disso é que o volume de água parece aumentar e subir nas paredes da

piscina, podendo até transbordar. Isso se dá porque ao volume de água que havia ali, somam-se os volumes dos corpos que entram na piscina.

O interessante nessa discordância é que, Arquimedes (287a.C. – 212 a.C.) já havia comprovado que a matéria não pode ser penetrada e que possui densidade. Isto nos mostra que quando esquecemos as experiências do passado podemos incorrer nos mesmos erros e chegar a conclusões equivocadas.

Vamos à história de Arquimedes. O rei Herão de Siracusa havia mandado fazer uma coroa de ouro. Na ocasião ele entregou uma massa conhecida de ouro e recebeu a coroa algum tempo depois. Porém o rei desconfiou que a coroa não fosse de ouro com a pureza que havia sido entregue ao artesão. A coroa foi posta em uma balança e tinha a mesma massa da barra de ouro que havia sido entregue ao artesão. Mesmo assim, o rei não ficou satisfeito e deu a tarefa de descobrir se aquela coroa era feita exatamente do ouro que fora entregue ao ourives. Arquimedes pesou sobre esse tema sem encontrar solução. Até que em um momento, quando estava em um banho público, entrou na piscina e viu a água se deslocar com sua entrada. Também sentiu que ficava mais “leve” dentro d’água, como se uma força lhe empurrasse para cima.

Diz a história que Arquimedes animado com a descoberta saiu correndo nu pela cidade gritando “eureka!”, que significa descobri ou encontrei. Assim, o matemático formulou a teoria de que *“um corpo mergulhado em um fluido em repouso sofre, por parte do fluido, uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo”*. Não é exatamente igual, mas nos lembra muito a terceira Lei de Newton (1643-1727, calendário gregoriano) que diz: “a toda ação há sempre uma reação oposta e de igual intensidade: as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são

sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos”.

Mas como isso ajudou a resolver o mistério da coroa de ouro? Arquimedes colocou a coroa em um balde cheio de água e mediu quanto de água era transbordado. Depois, com o mesmo balde cheio de água, colocou a barra de ouro e viu que o volume de água jogado para fora era maior. Ou seja, a mesma massa de ouro ocupava um espaço maior que aquele ocupado pela coroa. Então, no mesmo balde cheio de água, ele adicionou uma barra de prata e viu que o volume de água deslocado era menor que o volume deslocado pela coroa. Deduziu, portanto, que a coroa era feita de uma mistura de ouro e prata. Vemos neste experimento a comprovação da impenetrabilidade e da densidade da matéria.

E com relação à indestrutibilidade da matéria? Parece estranho dizer que a matéria é indestrutível, quando eu posso, por exemplo, colocar fogo em uma folha de papel e medir a massa das cinzas (que será menor que a massa original do papel).



Figura 2: Fogo. Foto: Ozelito P. de Amarante Junior, 2017.

Acontece que parte da massa do papel será perdida pela emissão de CO_2 , produzido na queima. Apenas os metais presentes no papel formarão óxidos sólidos que sobrarão como cinzas. Porém, se eu realizar essa queima em um sistema fechado, a massa do papel somada à massa do gás oxigênio usado para a combustão do papel serão iguais à massa das cinzas e do CO_2 produzidos. Daí temos a famosa frase: “na

natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma". Você provavelmente pensou em Lavoisier (1743-1794), porém ele nunca disse essas palavras. Foi Titus Lucretius Carus (94 a.C. – 50 a.C.) que elaborou a famosa sentença, com base no trabalho de Epicuro (341 a.C. – 271 ou 270 a.C.). A frase dita por Lavoisier foi: *"no interior de um recipiente fechado, a massa total não varia, quaisquer que sejam as transformações que venham a ocorrer"* ou, ainda, *"num recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos"*. Por que isso é tão importante para o estudo do ambiente?

Nas Ciências Ambientais, é extremamente importante compreendermos que a matéria não pode ser destruída. Que os resíduos não desaparecem. As substâncias, os materiais, os corpos, os objetos podem ser transformados de um tipo em outro tipo, transferidos de um local para outro, mas jamais destruídos. Compreendendo isso, saberemos, por exemplo, que o conceito de resíduo zero em um processo produtivo não implica em "não produzir um resíduo" e sim em "transformar resíduos em subprodutos" para que eles tenham utilidade e valor econômico, sendo totalmente aproveitados. Isso é o que acontece na natureza. Os produtores transformam CO₂ e água em biomassa (carboidratos, proteínas e lipídios – principalmente). Essa biomassa é aproveitada pelos herbívoros, mas não em sua totalidade, cascas, caroços ou partes pouco digeríveis são excretadas como resíduos. A parte aproveitada pelos herbívoros é transformada em sua própria biomassa (ou usada como fonte de energia). Essa biomassa dos herbívoros é aproveitada pelos carnívoros. Novamente, não se pode aproveitar toda a biomassa. Ossos, dentes, garras e pelos podem não serem digeridos pelos carnívoros e serão excretados. Todos esses organismos podem, ainda, vir a morrer e seus corpos se juntam aos excrementos

mencionados. O que ocorre, nos processos naturais, é que uma série de organismos decompositores entram em cena, aproveitando os detritos dos demais seres e liberando nutrientes nas formas mais simples, que são aproveitados pelos produtores nos seus processos de produção de biomassa, reciclando todos os materiais disponíveis. Porém, todo esse trabalho não é possível de ser realizado sem consumo de energia.

Para Einstein, massa está relacionada com energia e vice-versa. É possível, portanto, transformar uma pequena massa em uma grande quantidade de energia ($m = E/c^2$). Isso significa que Matéria e energia estão bem mais ligadas do que imaginamos.

Nós vemos o mundo de forma macroscópica. Os corpos, entretanto, são formados de partículas extremamente pequenas que não conseguimos ver. Nesse nível, a mecânica clássica não é aplicável e é aí que essa teoria da relatividade de Einstein tem sua total aplicação.

Então já sabemos que existe matéria (e já sabemos o que ela é) e sabemos também que existe a energia (que ainda não definimos). Sabemos também que uma pode ser transformada em outra. Logo, cabe a pergunta: o que é energia?

Energia

A energia é definida como "a capacidade de realizar trabalho", mas o que isso significa? Ora, vimos que massa é a quantidade de inércia que um corpo possui. A inércia é a habilidade de um corpo em repouso continuar em repouso ou um corpo em movimento continuar em movimento. Quem disse isso foi Newton em sua primeira Lei: *"todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele"*.

Quando um corpo está parado e eu desejo movê-lo, preciso imprimir sobre ele uma força que seja superior àquela que o mantém naquele local. Ou seja, a força precisa “romper” a inércia. Já sabemos que existe a massa (quantidade de inércia do corpo) e também já ouvimos falar do peso, que é a força exercida pelo corpo sobre a superfície onde ele se encontra. Essa força, chamada de peso, é calculada pela massa do corpo vezes a aceleração da gravidade. Ora, então uma força (no caso a gravidade) exerce um efeito de aceleração sobre um corpo. Quando eu aplicar a minha força sobre o corpo, ela vai acelerar esse corpo até que ele alcance a velocidade que eu tenho interesse e que ele chegue ao local que eu desejo. Quando eu cessar a força impressa sobre o corpo, ele irá parar (a menos que outra força o faça mover-se).

Existem as forças fundamentais do universo. Elas são quatro. A força da gravidade é bem simples de comprovar. Os corpos caem até o solo atraídos pela gravidade da Terra. O campo gravitacional de um corpo é produzido por sua massa. Assim, quanto maior a massa de um corpo, maior seu campo gravitacional e maior a força de atração que ele exercerá sobre outros corpos. Aqui é importante ressaltar que um corpo com pequena massa possui um campo gravitacional pequeno, mesmo assim, ele atrai um corpo de massa muito maior. Obviamente que a atração observada pelo corpo de maior massa é mais facilmente notada e registrada que aquela produzida por um corpo de massa pequena, mas ambos os corpos estão se atraindo. Ora, se um corpo está no espaço sideral onde não há atrito, ele deveria seguir uma trajetória retilínea infinita, mas isso não ocorre. Isto não acontece porque vários outros corpos exercem atração (imprimem uma força) que é a sua gravidade, modificando a trajetória daquele corpo que pode, eventualmente, cair em um corpo de

maior massa que lhe atrai. Ou seja, a força gravitacional atrai os corpos e modifica seu estado de inércia, deslocando-o na sua direção.

Outra força fundamental do universo é a força eletromagnética. Campos elétricos atraem cargas elétricas opostas e repelem cargas elétricas iguais. Do mesmo modo, campos magnéticos atraem pólos opostos e repelem pólos iguais. Não é difícil perceber isso quando brincamos com dois ímãs. Ao colocarmos pólos opostos virados um para o outro, os ímãs se atraem e se tocam. Ao colocarmos os pólos iguais virados um para o outro, mesmo imprimindo muita força, não conseguimos fazer os ímãs se tocarem. Um destaque que dou aqui é que os campos elétricos ou magnéticos podem ter um alcance muito menor que um campo magnético, mesmo assim, é mais fácil você levantar seus dois pés do chão ao mesmo tempo do que descolar dois ímãs que estão se tocando.

Os núcleos dos átomos são formados por prótons e nêutrons. Os prótons tem cargas elétricas iguais (são positivos) e por isso se repelem. Mas o núcleo deve se manter coeso. Além do spin dos prótons (que diz para que lado eles giram e, ao girar, produzem campos magnéticos) forças nucleares existem para manter o núcleo coeso. A força nuclear forte mantém a união entre os quarks enquanto a força nuclear fraca é desenvolvida entre os léptons e hádrons. Essas forças podem parecer muito longe da sua realidade diária. Mas a verdade é que elas causam a estabilidade dos núcleos dos átomos e só por isso estamos aqui tendo “esta conversa”.

Quando o núcleo de um átomo é muito grande (possui um número grande de prótons, nêutrons ou ambos), chamamos este átomo de um isótopo instável daquele elemento a que pertence o mencionado átomo. A energia potencial formada pelas forças de atração e repulsão dentro do

núcleo podem fazer com que aquele núcleo tenha um decaimento radioativo. Se o decaimento radioativo leva à emissão de um elétron (isso acontece porque um neutron se quebra produzindo um próton – que permanece no núcleo do átomo – um elétron e neutrinos), o átomo resultante tem um número de prótons maior que o átomo que lhe deu origem. Aquele elétron emitido é chamado de partícula beta.

No caso de um núcleo instável que emite possui muitos prótons e neutrons, ele pode emitir a chamada partícula alfa. Neste caso, dois prótons e dois neutrões são lançados para fora do núcleo. Como resultado, o átomo que resulta tem o número atômico menor (em duas unidades) do que o átomo que lhe deu origem. Isto é, nas reações radioativas os átomos se transformam de um elemento em outro. E essa radiação resultante está carregada de energia cinética, deslocando essas partículas (alfa ou beta) no espaço.

A estes deslocamentos que falamos até aqui (todos eles) chamamos trabalho. Se a força que eu imprimi sobre o corpo não o fizer mover-se, eu posso ficar cansado e suado (mostrando que gastei energia) mas não terei realizado nenhum trabalho efetivamente. Então, energia e trabalho estão ligados. Para realizar trabalho eu “gasto” energia. Isso significa que a energia é “perdida”? Ela deixa de existir?

Primeira Lei da Termodinâmica

Na verdade, a energia, como a matéria, não pode ser destruída. Isso é o que diz a chamada Primeira Lei da Termodinâmica. Existem apenas dois “tipos” de energia: cinética e potencial. A energia cinética está ligada ao movimento enquanto a potencial pode ser observada acumulando-se em sistemas sob tensão, por exemplo.

Vamos pensar em um arco e flecha. Você posiciona a flecha na “corda” do arco e movimenta (imprime uma força através do movimento do seu braço – energia cinética) a flecha até que a corda esteja totalmente tensionada (energia potencial). A tensão é sentida por você que faz força para manter esse estado até que o objeto (alvo) esteja totalmente na sua mira. Só então, você libera a flecha que é lançada pela corda em sentido oposto àquele em que você a estava segurando. Neste momento, a energia potencial se transforma em energia cinética, movimentando a flecha.

No exemplo acima vemos que a energia se transforma de cinética em potencial e de potencial em cinética. Também vemos que ela é transferida de um corpo a outro corpo. A energia sai do braço para o arco e do arco para a flecha. Vemos, portanto, que a energia pode “ocupar” um corpo, pois ela não tem volume (extensão) nem massa. E pode fluir através desse corpo.

Como vimos anteriormente, a energia é a capacidade de realizar trabalho. No nosso exemplo, há o trabalho de deslocar a flecha para trás (realizada pela energia que estava acumulada no braço do atirador) e depois de deslocar a flecha para frente até o alvo (trabalho realizado pela energia que estava acumulada no arco).

Um outro exemplo, um pouco mais abstrato é o calor liberado ou absorvido nas reações químicas. Imaginemos que dois átomos se ligam formando uma molécula em uma ligação covalente. Ora, o núcleo de um átomo (positivo) vai ser atraído pela

eletrosfera do outro átomo (negativa) e vice-versa. Porém, os dois núcleos irão se repelir, assim como as eletrosferas também vão se repelir, por terem cargas elétricas iguais. Por outro lado, o giro dos elétrons na eletrosfera podem ser opostos (spin $-1/2$ e $+1/2$), o que pode permitir que os dois compartilhem um orbital chamado de orbital molecular (veja mais sobre a [teoria do orbital molecular](#)). Isso mantém a molécula formada. Você aprendeu que a maioria das moléculas se formam para atender à [regra do octeto](#), porém não é exatamente assim que os átomos ficam estáveis ([você pode ver mais detalhes sobre isso](#)).

O importante aqui é que a ligação química causa uma série de tensões que se acumulam como energia potencial. Ela se apresenta de diferentes formas, uma delas é a chamada entalpia. Essa energia acumulada na forma de entalpia é liberada quando a molécula se quebra, por exemplo. A essa reação chamamos de processo exotérmico, pois ela libera calor (energia cinética). O contrário também é possível. Dois átomos podem estar mais estáveis na forma de uma molécula e para se separarem eles podem absorver calor da vizinhança (processo endotérmico). Então vemos que calor é energia cinética e que ele pode fluir de um corpo para outro.

O que é temperatura então? A temperatura é a quantidade de movimento que as partículas de um corpo têm. Então, um material pode acumular energia nas suas partículas absorvendo calor. Diz-se, por exemplo que a água possui uma elevada capacidade calorífica. Isso acontece porque

ela precisa receber muito calor para poder aumentar sua temperatura. Ou seja, a energia cinética que o corpo tem é a sua temperatura, a energia cinética que o corpo recebe ou emite é o calor. O calor é sempre transferido do corpo mais quente (com maior temperatura) para o mais frio (com menor temperatura).

Primeira Lei da Termodinâmica e a vida

Compreender esses conceitos é extremamente importante para entendermos como os organismos podem estar (e permanecer) vivos. A energia solar viaja pelo espaço na forma de energia cinética (luz). Como ela se propaga no vácuo, se o som não consegue? Ora o som é a energia cinética que se propaga na forma de ondas pela matéria (ar, água, solo, sistema ósseo...). No caso da luz, ela não precisa de matéria para se propagar porque ela já tem sua própria partícula (o fóton). Na verdade, ao interagir com outras partículas, a luz sofre uma desaceleração, além de ser dispersa.

Ao chegar no planeta, depois de ser espalhada pela atmosfera, a luz toca nos organismos fotossintetizantes. Esses organismos utilizam essa energia em sistemas de moléculas orgânicas (clorofila e outras) para excitar um elétron e transferi-lo. Então, a energia luminosa é transformada em energia elétrica. Para o circuito não fechar, uma molécula de água é quebrada, liberando $2H^+$, $\frac{1}{2}O_2$ e um elétron (e^-) para repor aquele que foi deslocado. O elétron deslocado é transferido dentro da célula e um conjunto de reações de redução acabam

por consumir moléculas de CO_2 e produzir glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), por exemplo. Além de carboidratos, proteínas e lipídios, uma série de compostos são sintetizados pelos produtores.

Quando um herbívoro se alimenta deste produtor, os compostos químicos presentes no alimento são quebrados e a entalpia é transformada em calor. Acontece nos organismos animais, por exemplo, na mitocôndria, a respiração celular (um conjunto de reações de oxidação) que transfere o calor das moléculas quebradas para a formação de ATP. As moléculas de ATP não podem ser acumuladas e são consumidas transferindo-se essa energia para a produção de carboidratos (acumulados no fígado, por exemplo),

lipídios (acumulados no tecido adiposo, por exemplo) e proteínas (acumuladas nos músculos, por exemplo). Quando um carnívoro se alimenta desse herbívoro, isso tudo se repete. Mas há perdas no caminho.

Nós dissemos que a energia não pode ser perdida, como esse sistema perde energia? Na forma de calor, para as vizinhanças, no processo de respiração e ainda na produção de resíduos. Imagine que o herbívoro gastou parte da sua energia para produzir pelos, ossos, unhas e dentes, que não serão aproveitados pelos carnívoros. Todos os detritos (incluindo-se os excrementos) também são aproveitados por organismos decompositores que transformam esse material mais complexo nos nutrientes mais simples que os produtores vão aproveitar, fechando o ciclo.

Vamos tentar simplificar algumas definições?

Calor

Energia em trânsito do corpo mais quente para o mais frio.

Temperatura

Energia cinética acumulada nas partículas de um corpo.

Entalpia

Conteúdo de energia de um sistema que pode ser removido deste na forma de calor.

Entropia

Grau de desordem de um sistema.

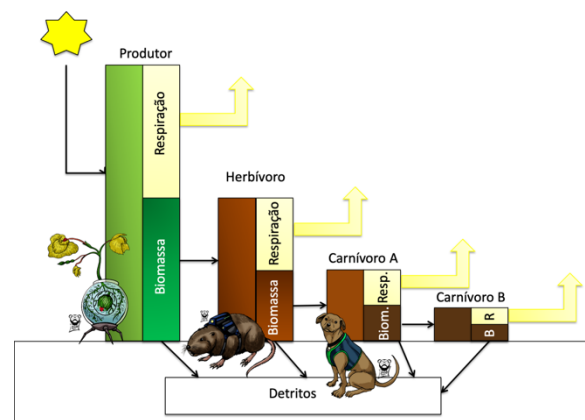


Figura 3: transferência de energia em uma cadeia alimentar. (Fonte: diagrama de Ozelito P. de Amarante Junior, 2017 e desenhos de Marco ByM, 2020)

Como estamos vivendo a Década da Ciência Oceânica, de 2021 a 2030, é importante pensarmos em como essa transferência de energia e matéria acontece no Oceano. Onde existe a penetração da luz na água (chamada de zona eufótica) ocorre a

fotossíntese e a cadeia trófica segue exatamente como já foi explicado. Mas em algumas áreas mais profundas a luz não chega. Organismos quimiossintetizantes são a base da cadeia ou teia alimentar nesses ambientes. Compostos inorgânicos (alguns dos quais bastante perigosos para outros organismos), como o HCl, podem ser empregados para obtenção de energia. As reações de redução transformam carbonato/bicarbonato em biomassa. A partir daí a cadeia trófica segue como descrito anteriormente.

Segunda Lei da Termodinâmica

Esta Lei diz que: “a quantidade de entropia de um sistema isolado termodinamicamente tende a incrementar-se com o tempo, até alcançar um valor máximo”. Este princípio trata da espontaneidade das reações e das transformações físicas. Se nós pensarmos em uma célula viva, ela é extremamente organizada. Como é possível ser tão organizada, se a tendência é a desordem (aumento de entropia)?

Ocorre que, primeiro, a célula não está termodinamicamente isolada. Ou seja, ela troca matéria e energia com as vizinhanças. Segundo, para organizar-se ela vai consumir (transformar) energia potencial (energia química) ou energia cinética (energia solar) para produzir suas substâncias, organelas e até mesmo outras células iguais a ela. Terceiro, ela vai produzir e liberar resíduos, o que aumenta a entropia do sistema como um todo, confirmando o que diz a Segunda Lei da Termodinâmica.

Percebemos, portanto, que qualquer processo, natural ou antrópico, consome

(transforma) energia, consome (transforma) matéria-prima, produz o que chamamos de produtos e o que chamamos de resíduos. A diferença principal entre os processos naturais e a lógica da maioria dos processos humanos é que nós produzimos, em geral, em uma lógica linear, enquanto a natureza usa processos cíclicos. Ou seja, os resíduos de um processo, na natureza, são utilizados como matéria-prima em outro processo dentro do mesmo sistema (que chamamos de ecossistema) ou por sistemas vizinhos por meio de processos naturais de transporte (o que transforma dois ecossistemas em um ecossistema maior a ser considerado).

Pensando desta forma, é possível desenvolver um processo produtivo com resíduo zero? Sim, mas para isso é necessário pensar em todas as formas de aproveitar os conteúdos materiais ou energéticos dos nossos “resíduos”, transformando-os em subprodutos que tenham valor econômico.

Quando um material tem a possibilidade de ser empregado como matéria-prima em um outro processo produtivo, em vez de gastarmos recursos (inclusive financeiros) para contê-lo, transportá-lo, tratá-lo e dispô-lo, iremos aumentar a receita, vendendo-o para outras empresas ou usuários que tenham interesse econômico em obtê-lo. Algumas vezes isso pode ser realizado dentro da própria empresa que produz o resíduo. Quando não é possível utilizar o conteúdo material, ainda é possível avaliar a possibilidade de aproveitar o conteúdo energético. Por exemplo, em uma empresa que produz açúcar e álcool no Brasil, o bagaço da cana-de-açúcar não pode ser

utilizado para o processo produtivo de forma direta, uma vez que todo o açúcar possível de ser retirado já foi extraído, mas esse bagaço ser queimado para produzir calor nas caldeiras, diminuindo ou até evitando completamente o uso de combustíveis fósseis ou a queima de madeira. Neste caso, o conteúdo energético foi empregado na produção de calor.



Figura 4: Calor. Foto de Ozelito P. de Amarante Junior, 2016.)

Referências

BRAGA, B. et. al. **Introdução à engenharia ambiental**. São. Paulo : Prentice Hall - 2ª edição. 2005.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Diário Oficial da União, 05 de out. 1988.

_____. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 02 de set. 1981.

BOTIKIN, D. B.; KELLER, E. A. **Ciência Ambiental**: Terra, um planeta vivo. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 681 p.

NEBEL, B.J.; WRIGHT, R. T. **Environmental Science**: the way the world works. 5. ed. Upper Saddler River: Prentice-Hall, 1996. 698 p.