

ANALOGIAS ENTRE PROCESSOS ESTUDADOS EM ENGENHARIA E PROCESSOS EMPRESARIAIS

Marcelo Henriques de Brito - probatlus@probatlus.com.br
Ph.D. em Engenharia Química pela Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (EPFL)
Engenheiro Mecânico graduado pela UFRJ
Administrador de Empresas graduado pela Universidade Mackenzie - SP
PROBATUS Consultoria e PROBATUS Publicações Ltda
Av. Nossa Sra. de Copacabana 1059 sala 902, CEP 22060-000 Rio de Janeiro - RJ
Tel / FAX: 021/ 25225815 - <http://www.probatlus.com.br>

***Resumo:** O objetivo deste trabalho é apresentar como podem ser estabelecidas analogias entre assuntos ensinados num curso de graduação em engenharia e temas relacionados a negócios e administração, o que pode despertar ainda mais o interesse dos alunos pelo curso, além de desenvolver uma visão interdisciplinar nos estudantes.*

***Palavras-chave:** Administração, Ensino de engenharia, Fenômenos de Transporte, Termodinâmica, Processo*

1 OBJETIVO DESSE TRABALHO

Tem sido usual observar portadores de diploma em engenharia trabalhando numa atividade aparentemente muito diferente daquela para a qual foram formados, como gestores de negócios ou profissionais no mercado financeiro, por exemplo. Esta situação leva frequentemente alguns alunos de graduação a afirmar que o que se aprende num curso "não serve para nada". Todavia, mesmo esses alunos continuam freqüentando o curso de engenharia porque no fundo compreendem que o curso de graduação em engenharia também desenvolve uma capacidade de raciocínio.

Assim, além de lecionarem assuntos específicos da profissão, os professores de engenharia devem explicitar que aquilo que se aprende num curso de engenharia de fato contribui para compreender melhor o funcionamento de outros processos empresariais. O objetivo desse artigo é precisamente mostrar que podem ser estabelecidos vínculos entre assuntos ensinados em cursos de engenharia e temas de outros cursos de graduação, notadamente cursos na área de administração e economia. Os três exemplos a seguir foram extraídos do livro de HENRIQUES DE BRITO (2003).

2 CAUSAS PARA O FLUXO DE DINHEIRO

Os fluxos de matéria e de energia são usuais em processos industriais. Um trabalho de HENRIQUES DE BRITO (1998) sintetizou os conceitos básicos e os resultados analíticos e experimentais essenciais, relatados na bibliografia de escoamento de fluidos e transmissão de calor, apresentando uma nova forma de listar as equações matemáticas. Sem ater-nos a toda complexidade matemática, pode ser mencionado que três fatores são responsáveis por fluxos em processos, conforme indicado na Tabela 1, sendo que há fatores auxiliares, facilitando ou dificultando o fluxo, além de resistências e perdas inevitáveis.

Tabela 1 - Comparação entre fluxos

	fluxo de matéria (movimento de fluido)	fluxo de calor (energia térmica)	corrente elétrica (fluxo de eletricidade)
fator responsável pelo fluxo (geralmente controlável)	diferença de pressão hidrostática	diferença de temperatura	diferença de potencial elétrico
fator auxiliar ao fluxo (geralmente não controlável)	gravidade	fluxo convectivo devido à diferença de densidade	capacitância e indutância no circuito elétrico
exemplos de resistências e perdas inevitáveis	perda de carga no duto devido à viscosidade	irreversibilidade térmica (aumento de entropia)	resistência elétrica (resistividade do condutor)

© Marcelo HENRIQUES DE BRITO

São controláveis, em princípio, as grandezas intensivas, aquelas cujo valor independe da quantidade de matéria ou de volume associado. Um gradiente (“diferença”) da grandeza intensiva provoca o fluxo da grandeza extensiva correspondente. Todavia, existem perdas e resistências inevitáveis que reduzem a intensidade do fluxo. A equação (1) mostra essa relação de proporcionalidade.

$$\text{fluxo da grandeza extensiva} \propto \frac{\text{gradiente da grandeza intensiva}}{\text{resistência ao fluxo}} \quad (1)$$

Logo, diferenças de pressão, temperatura e potencial elétrico (todas grandezas intensivas) provocam os respectivos fluxos de fluido, calor e corrente elétrica (grandezas extensivas), conforme mostrado na Tabela 1. Aumentar, reduzir ou eliminar gradientes da grandeza intensiva respectivamente aumentam, diminuem ou eliminam os fluxos.

É possível estabelecer uma analogia conceitual da equação (1) com o fluxo de dinheiro, que acarreta ou é consequência de mudanças, num dado local e instante, nas variáveis financeiras: rentabilidade, liquidez e risco. O fator responsável pelo fluxo de dinheiro entre aplicações é a diferença de rentabilidade, geralmente ajustável, e que depende primordialmente da natureza (tipo) da aplicação e de sua inserção no ambiente empresarial. A liquidez está relacionada à facilidade e ao prazo para recuperar o principal investido ou emprestado sem perdas, sendo que pode haver perdas inevitáveis e irrecuperáveis no fluxo de dinheiro, tais como: taxas de administração, corretagem e comissão, assim como impostos sobre operações financeiras (IOF) ou tributos sobre movimentação financeira (CPMF). Normalmente, quanto mais rápido for possível recuperar o montante (principal acrescido de juros), menor será a taxa de juros. O risco (incerteza) percebido pelo mercado financeiro (em relação à aplicação financeira, à instituição gestora ou a ambas), decorrente da perspectiva de cumprimento de contratos ou da possibilidade de variações cambiais, auxilia ou prejudica o fluxo de dinheiro. Assim, o montante aplicado num negócio depende também da probabilidade de inadimplência (risco comercial), da possibilidade de promulgação de uma medida governamental adversa ao investidor (risco político) e da expectativa de valorização ou desvalorização da moeda em relação à moeda do investidor (risco cambial).

Desequilíbrios nas variáveis financeiras podem favorecer ou arrefecer o fluxo de dinheiro. A partir da equação (1), é possível escrever a equação (2). O fluxo de dinheiro é maior quanto maior for a diferença de rentabilidade, porém tal fluxo reduz no que aumentam as ameaças de perdas.

$$\text{fluxo de dinheiro} \propto \frac{\text{diferença de rentabilidade}}{\text{ameaça de perdas (cambial, tributária, política ou comercial)}} \quad (2)$$

É igualmente possível apresentar uma equação do balanço de dinheiro, situação análoga ao balanço de massa e de energia em instalações de processos. A Figura 1 mostra um volume de controle dado pela fronteira do processo empresarial. O fluxo de dinheiro que entra no processo (receitas, obtenção de financiamentos ou aporte de capital pelos proprietários) menos o fluxo de dinheiro que sai (pagamentos, amortização de empréstimos ou retirada de

proprietários) é igual à variação do dinheiro dentro do processo, que espelha uma mudança na quantidade ou no valor do inventário (estoques e ativos imobilizados).

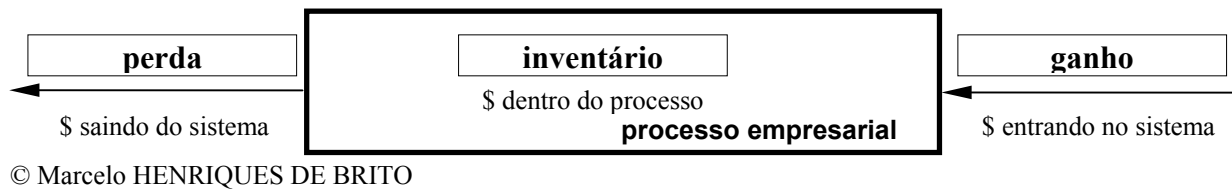


Figura 1 - Balanço de dinheiro num volume de controle definido pelo processo empresarial

A formulação matemática do balanço da Figura 1 é dada pela equação (3), a qual supõe que, dentro do volume de controle, existe uma densidade média de dinheiro (quantidade de dinheiro por volume). Enquanto uma variação do volume do processo espelha uma mudança na quantidade do inventário (expansão ou contração do processo), um aumento da densidade média de dinheiro reflete uma mudança no valor do inventário (valorização ou depreciação).

$$\dot{M}_{entra} - \dot{M}_{sai} = \frac{d}{dt} \int_{VC} \bar{m} \cdot dV = \bar{m} \cdot \frac{dV}{dt} + V \cdot \frac{d\bar{m}}{dt} \quad (3)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{Fluxo pela fronteira} \\ \text{do processo} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Variações dentro} \\ \text{do processo} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Variação na quantidade} \\ \text{ou no valor do inventário} \end{array} \right)$$

Assim, o fluxo de dinheiro pode ilustrar um curso de fenômenos de transporte, estimulando a compreensão da equação (1) e da conservação de massa dada pela equação (3).

3 INTERAÇÃO ENTRE SETOR FINANCEIRO E SETOR PRODUTIVO

Usinas termoeletricas podem empregar o processo denominado ciclo a gás (ou turbinas a gás) para produzir energia elétrica, conforme esquema da Figura 2. Nesta situação, o ar é comprimido por um compressor para o combustor, onde ocorre uma reação de combustão após a adição de um combustível. Os gases gerados a alta temperatura e pressão giram o rotor da turbina. Parte do trabalho obtido com o giro da turbina é usado para acionar o compressor. Todavia, a parte principal do trabalho produzido pela turbina faz rodar o rotor do gerador elétrico, gerando um campo magnético e produzindo, em decorrência, energia elétrica. É necessário um motor de partida para o processo de turbina a gás.

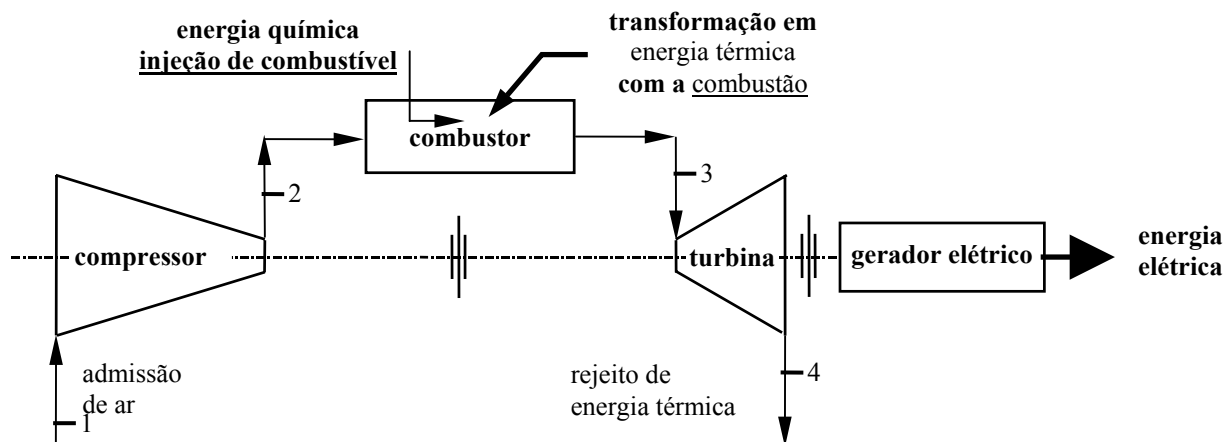


Figura 2 - Esquema de uma usina termoeletrica com turbina a gás (ciclo a gás)

O processo térmico de turbinas a gás pode ser descrito em um diagrama "temperatura versus entropia" com isobáricas (linhas de pressão constante). O eixo das ordenadas (eixo

vertical) é para a temperatura. No eixo das abcissas (eixo horizontal) está a entropia, expressando o grau de desordem. Cada linha inclinada indica pressão constante.

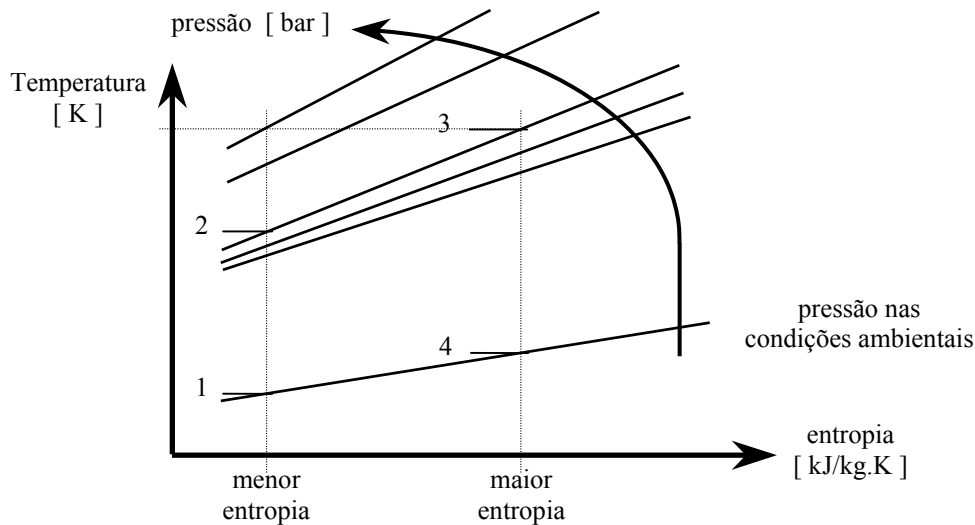


Figura 3 - Diagrama relativo ao processo da Figura 2

A inclinação das isobáricas decorre do fato de que um aumento na temperatura requer um aumento na entropia, de forma a não alterar a pressão. A inclinação destas linhas aumenta para níveis mais altos de temperatura, isto é, quanto mais distante do eixo das abcissas. Isto se justifica porque quanto maior for a pressão maior será a variação na temperatura para uma mesma variação de entropia. É importante também notar que, mantendo a entropia constante, ao subir a temperatura aumenta a pressão. Quanto maior for este aumento na temperatura, mantendo constante a entropia, mais rapidamente aumentará a pressão. A seta curva indica no diagrama que o valor da pressão aumenta no sentido anti-horário.

O processo ideal é definido pelos pontos 1-2-3-4 da Figura 3, com a eficiência termodinâmica dada pela equação (4). Na sua dedução - vide livros como HOLMAN (1980) - usa-se a lei dos gases ideais e o coeficiente politrópico (γ) que é dado pela razão entre o calor específico a pressão constante (c_p) e o calor específico a volume constante (c_v).

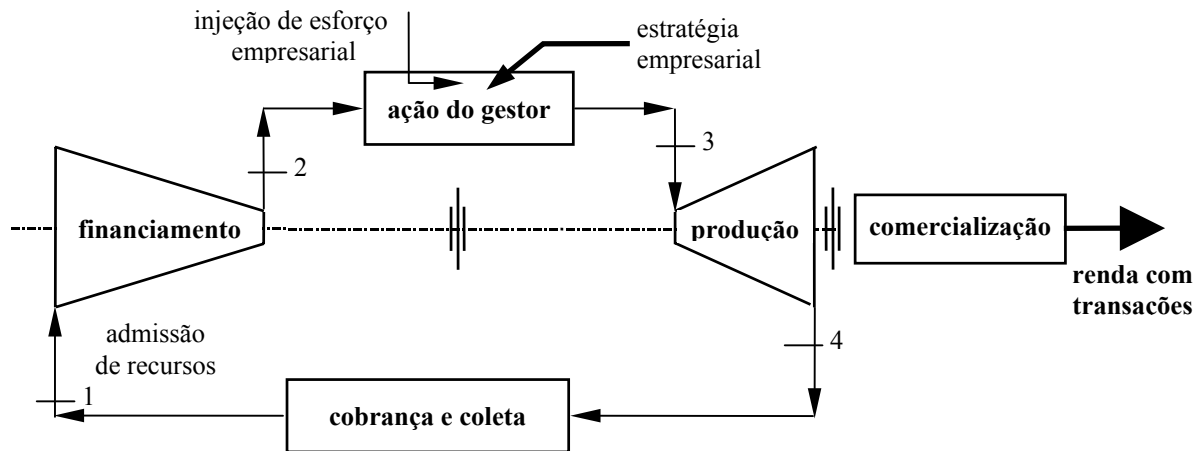
$$\eta = 1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{(1-\gamma)}{\gamma}} \quad (4)$$

A eficiência termodinâmica de uma turbina a gás ideal depende da razão entre as pressões e do valor do coeficiente politrópico, que é em torno de 1,4 no caso de ser ar que esteja circulando na turbina a gás. A eficiência aumenta quanto maior for a razão entre as pressões. A eficiência no caso ideal corresponde ao valor teórico máximo e, em geral, fica bem abaixo de 30%. Por isso, algumas alterações no processo tentam elevar a eficiência um pouco mais.

Uma forma de visualizar como as ações do setor financeiro e do setor de produção estão relacionadas aparece na Figura 4, que faz uma analogia da atividade empresarial circulando dinheiro com uma usina termoeletrica com turbina a gás (tal como na Figura 2). Entre os pontos 1 e 2 dessa "turbina a gás", o processo de financiamento aumenta a rentabilidade associada a um determinado volume de recursos financeiros, acumulado com elevada liquidez. Assim, ocorre uma "compressão" do dinheiro entre os pontos 1 e 2 na Figura 4. O gestor recebe estes recursos e os aloca com sua capacidade empresarial em seu processo de produção. No ponto 3, os recursos distribuídos entre as diversas etapas no setor produtivo estão em condições de fazer girar a "turbina da produção", o que ocorre entre os pontos 3 e 4.

A energia, obtida pelo giro da turbina, precisa cumprir duas funções: remunerar o esforço de financiamento e gerar renda a partir do processo de comercialização. Os recursos no ponto

3 estão sob a forma de "capital empatado" em estoques de insumos e aluguel das máquinas usadas na produção, por exemplo. No ponto 4, ao final do processo de produção, os pedidos de compra na comercialização geram contas a receber, dispersas pelos vários pontos de venda. A atividade de cobrança e coleta de dinheiro fecha o ciclo.



© Marcelo HENRIQUES DE BRITO

Figura 4 - Analogia da atividade empresarial com uma usina termoeletrica com turbina a gás

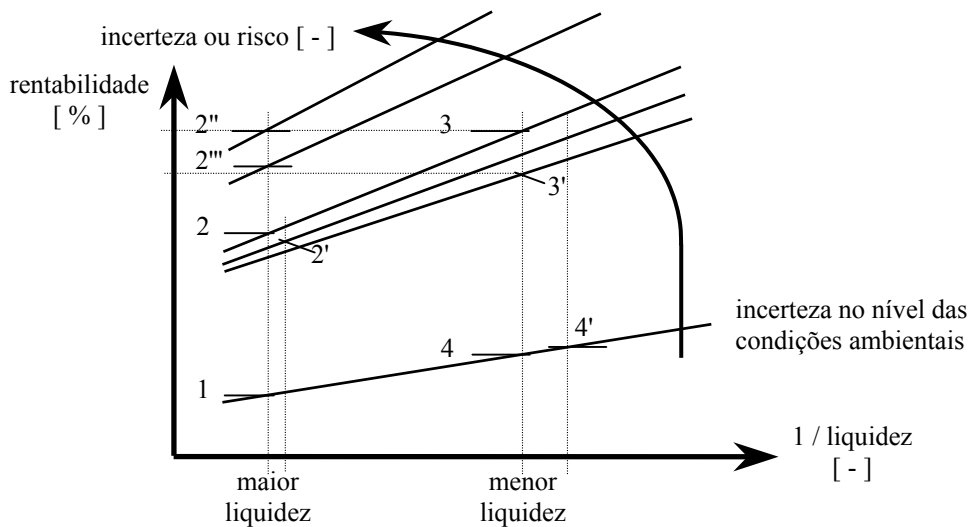
Antes de prosseguir com a analogia, proponho a seguinte correspondência entre grandezas termodinâmicas e financeiras: a rentabilidade corresponde à temperatura; o inverso da liquidez corresponde à entropia, porque ambas representam uma medida da desordem ou dispersão; linhas com incerteza constante correspondem às isobáricas, já que a incerteza não deixa de ser uma pressão que deve ser controlada para não causar "explosão" ou "implosão".

Assim, usando as variáveis rentabilidade, liquidez e incerteza, o diagrama temperatura versus entropia com isobáricas da Figura 3 pode ser transformado na Figura 5, de forma a explicar o processo da Figura 4. O eixo das ordenadas (eixo vertical) é o da rentabilidade do investimento. No eixo das abcissas (eixo horizontal) está o inverso da liquidez, expressando o grau de desordem dos recursos aplicados. Quanto maior for a liquidez de recursos, mais ordenados estarão estes recursos e vice-versa. Cada linha inclinada indica uma situação de risco constante, sem, necessariamente, exprimir o sentido pejorativo de "ameaça", pois o risco (isto é, incerteza) pode representar uma "oportunidade para ganhos". O risco (incerteza) de um investimento pode ser matematicamente expresso como um coeficiente de variação, razão entre o desvio padrão e o valor médio esperado.

A inclinação da linha de incerteza (ou risco) decorre do fato de que um aumento na rentabilidade requer uma diminuição da liquidez, de forma a não alterar o risco do investimento. A inclinação dessas linhas aumenta para níveis mais altos de rentabilidade, quanto mais distante estiver do eixo das abcissas. Isto se justifica porque, em geral, quanto maior for a incerteza, maior será a variação na rentabilidade para uma mesma variação de liquidez. É importante também notar que, mantendo a liquidez constante, ao subir a rentabilidade aumenta o risco do investimento. Quanto maior for este aumento na rentabilidade, mantendo constante a liquidez, mais rapidamente aumenta a incerteza. A seta curva no diagrama indica que o valor do risco aumenta no sentido anti-horário.

O ponto 2 representa maior rentabilidade do que o ponto 1, porém denota maior incerteza. Entre o ponto 2 e o ponto 3 ocorreu, basicamente, uma redução de liquidez uma vez que o dinheiro foi transformado em estoque e em amortização, ou no aluguel de máquinas. Os pontos 4 e 1 apresentam uma mesma incerteza, porém a liquidez é diferente. A menor rentabilidade do ponto 1, comparada ao ponto 4, expressa a perda de rentabilidade ao

transformar recursos com menor liquidez de 4 (contas a receber) em recursos com maior liquidez de 1 (basicamente recursos em espécie). Ao descontar duplicatas para obter dinheiro, é geralmente necessário dar um desconto, de forma que há uma pequena perda. A trajetória de 4 a 1 corresponde à concentração de dinheiro para posterior investimento. A incerteza pode ser igual porque corresponde a ações em condições conhecidas na sociedade, em oposição ao risco empresarial maior na atividade de alocação de recursos entre os pontos 2 e 3.



© Marcelo HENRIQUES DE BRITO

Figura 5 - Diagrama relativo ao processo da Figura 4

Idealmente, o processo da Figura 5 é dado pelos pontos 1-2-3-4. A eficiência do processo, definido como a razão entre recursos financeiros extraídos divididos pelo esforço empresarial injetado, depende da razão entre as incertezas no final e no início do investimento. Quanto maior for esta razão, maior será a eficiência do processo, tal como se observa com a equação (4), que é a equação do rendimento de uma turbina a gás ideal.

Nem sempre, entretanto, tudo ocorre como previsto. O ponto 2' mostra que o processo de financiamento pode gerar uma rentabilidade e uma liquidez menores do que aquelas previstas ao almejar o ponto 2. O processo empresarial de alocação pode também não ocorrer ao longo de uma situação de incerteza constante para o investimento. Se o processo iniciou no ponto 2', o término pode ser no ponto 3' na medida em que o gestor reduz a incerteza do negócio. Por fim, o trabalho de expansão que deveria seguir de 3 até 4, mantendo a liquidez inalterada, pode ocorrer entre 3' e 4', isto é, a liquidez diminui ainda mais. Embora se aproxime mais da realidade, o processo 1-2'-3'-4' apresenta uma menor eficiência do que o processo 1-2-3-4.

Uma importante consequência da analogia acima é a de que o setor financeiro aumenta a rentabilidade, principalmente por aumentar a incerteza do investimento a curto prazo ("risco"), enquanto que o setor produtivo aumenta a rentabilidade basicamente porque seu investimento reduz a liquidez. Usando outras palavras, enquanto as instituições financeiras se dedicam à "gestão do risco" para afastar a ameaça de inadimplência (todo banco pode falir, se os saques superarem os depósitos de forma "excessiva"), as empresas do setor produtivo enfocam a "logística" (tanto para o suprimento de insumos quanto para o escoamento da produção) para não ficar sem liquidez (sem dinheiro no caixa), ainda que a empresa seja solvente, isto é, tenha condições de gerar riqueza. Pode ser difícil revender o que foi adquirido sem incorrer em perdas financeiras. Requer, portanto, atenção e esforço empresarial a busca por aplicações que elevem a rentabilidade sem perder controle sobre a liquidez, isto é, o empresário, ao alocar recursos, deve correr riscos calculados.

A definição da taxa de juros do ponto 2 do diagrama da Figura 5 é crítica. Se estiver em uma posição mais baixa, a poupança é inibida. Se estiver em uma posição mais alta, a produção é inibida. A sociedade teme tanto que o ponto 2 seja “elevado demais”, que procura estabelecer princípios éticos e procedimentos jurídicos a fim de combater a “usura”. A essência da condenação à “usura” é evitar “excesso” de concentração de renda, que poderia levar uma sociedade a intensos conflitos internos e até mesmo ao colapso. A definição de taxas de juros não é um assunto exclusivamente ético ou jurídico: é um assunto político também, como foi discutido com mais profundidade por HENRIQUES DE BRITO (2003).

O diagrama da Figura 5 pode ser usado para explicar por que os resultados do setor financeiro conseguem ser altos em períodos de retração econômica, e como isto pode causar instabilidades no futuro. No que o governo, através do respectivo banco central, eleva a taxa de juros no mercado, o adicional de rentabilidade concedido aos bancos inibe o crédito ao setor produtivo, e a poupança aumenta em detrimento de transações no setor produtivo. Nessa situação, por conseguinte, a rentabilidade dos bancos resulta basicamente de operações de tesouraria, que envolvem o aumento da dívida interna do governo ou a especulação com variações cambiais.

Em vez das aplicações financeiras renderem até o ponto 2, os rendimentos alcançam o ponto 2", o qual apresenta rentabilidade superior àquela dada pelo ponto 3', que ocorreria junto a investimentos com cautela no setor produtivo. É desnecessário, para o setor financeiro, conceder rentabilidade no ponto 2", porque o setor produtivo não geraria esta rentabilidade equivalente no ponto 3. Ocorre que tanto a situação do ponto 2" como a do ponto 2''' representam níveis mais elevados de incerteza (maior risco), o que é compreensível porque não há lastro no setor produtivo. Desta forma, pode ser entendido que a participação do setor produtivo, no fluxo de riqueza financeiro na sociedade, tem a função de reduzir a incerteza global do processo, impedindo que apenas dinheiro seja usado para transações com ativos financeiros, o que não é sustentável a médio e principalmente a longo prazo.

Por que alguns profissionais do sistema financeiro não teriam esta percepção? Além da tradicional dificuldade que vários profissionais têm de pensar com abrangência e fora da sua principal área de atuação, a “ganância infecciosa” observada por Alan GREENSPAN, Presidente do FED nos EUA, e o prazer com o ganho podem dificultar ou impedir a avaliação da ameaça que representa a crença de que dinheiro pode gerar dinheiro eternamente. Tal como um jogador, constantemente ganhando, acaba perdendo por não conseguir parar de apostar, alguns profissionais do sistema financeiro apostam que as circunstâncias favoráveis a curto prazo permanecerão. Se todos banqueiros achassem que estariam fora do "mundo produtivo e do processo de geração de riqueza", já que a sua função seria apenas "administrar e emprestar dinheiro", observando a "gestão do risco", provavelmente os bancos estariam quebrados. Vários bancos privados são altamente lucrativos pela compreensão de que são parte essencial do processo de geração de riqueza e não "apenas" espectadores.

A mensagem essencial da Figura 4 é a compreensão de que a finalidade fundamental do dinheiro é viabilizar a circulação de bens, o que favorece o bem-estar na sociedade pelo estímulo à atividade dos seus habitantes. A Figura 4 também mostra que o lastro de uma moeda é a sua circulação. Adicionalmente, um aumento na quantidade e na velocidade de transações faz crescer a estabilidade do sistema, tal como um pião, com maior massa e rotação, se mantém com mais facilidade na vertical. Desta forma, um eficaz sistema de pagamentos para compensação de cheques e de contas entre bancos complementa a agilidade em uma sociedade que usa moeda, o que viabiliza a geração de muitas transações e atividades associadas que podem integrar à civilização uma população crescente.

Por outro lado, a inércia para partir a “turbina a gás” da Figura 4 e, portanto, a exigência de assegurar continuidade no seu funcionamento dificultam “momentos de descanso”, “pausa para um cafezinho”, “férias”, ou, ainda, “aposentadoria”. Assim, o giro dos negócios e a ânsia

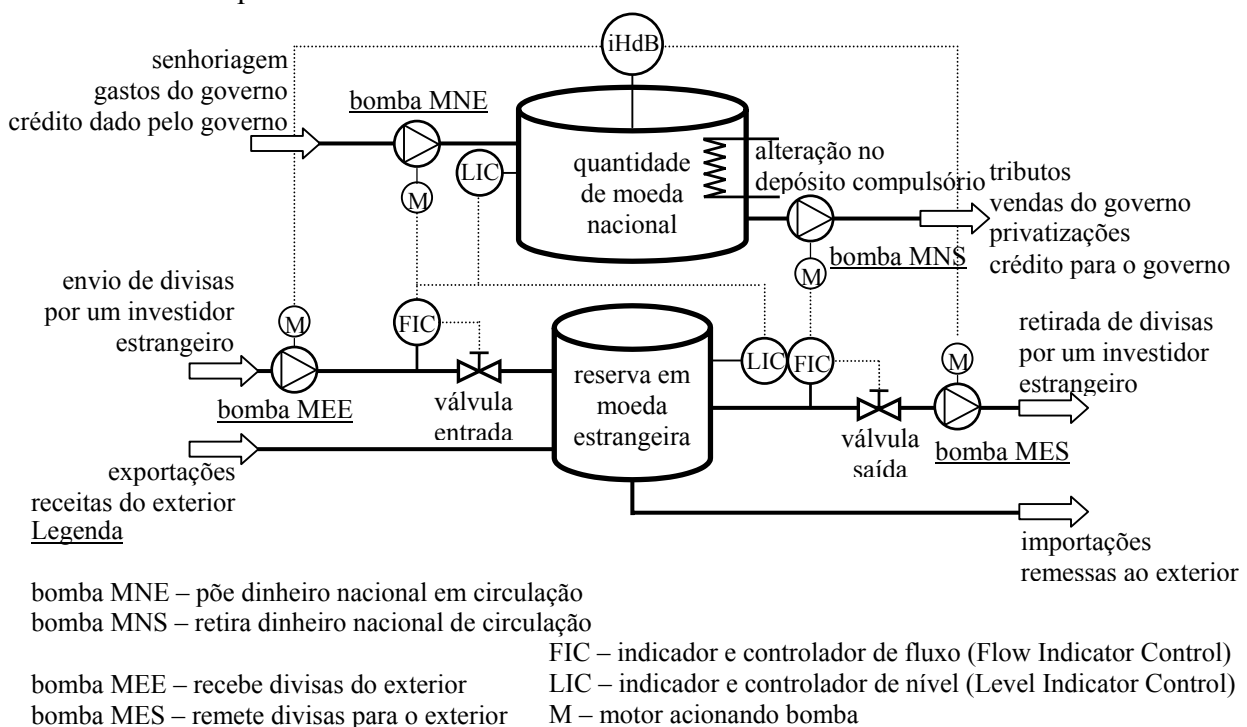
pela acumulação causam estresse na população, o que, inclusive, contribui para controlar a taxa de natalidade, que tende a ser baixa nos chamados países industrializados. Tem-se, portanto, um processo que se auto-regula: se, por um lado, a dinâmica capitalista estimula transações, o que contribui para ocupar uma população crescente, por outro lado o estresse em manter essa dinâmica prejudica o crescimento e a renovação da população. Não é surpreendente, pois, que apresentem taxas de natalidade mais altas as pessoas excluídas da economia formal, que não recebem nenhum benefício pelo seu funcionamento e também não se sentem responsáveis em contribuir para sua dinâmica.

4 COMO FLUXOS DE DIVISAS IMPACTAM TRANSAÇÕES INTERNAS

Dimensionar instalações industriais requer também avaliar a interação entre fluxos diferentes de forma a determinar um sistema de controle conveniente. Desenvolver uma visão de processo pode ser uma tarefa difícil, principalmente quando é preciso imaginar teoricamente o seu funcionamento, o que ocorre quando falta o apoio de aulas de laboratório. Não é tão simples compreender a relevância de um sistema de controle para uma instalação industrial teórica. Esta tarefa pode ser facilitada se a instalação industrial puder explicar acontecimentos da vida cotidiana.

O fluxo de dinheiro nacional interage com o fluxo de divisas, isto é, moeda de outro país. Uma vez que as causas e conseqüências desses dois fluxos geram notícias nos meios de comunicação e afetam a vida das pessoas, uma "instalação industrial" mostrando como a quantidade de moeda em circulação num país é afetada pela entrada e saída de divisas pode motivar e facilitar o desenvolvimento de uma visão sobre a interação de fluxos num processo.

A Figura 6 mostra dois tanques que não se comunicam. O nível de cada tanque é monitorado (por um instrumento denominado LIC – “level indicator control”), de forma que é possível saber a quantidade de moeda em cada tanque. Motivos distintos podem encher ou esvaziar cada tanque.



© Marcelo HENRIQUES DE BRITO

Figura 6 - Esquema do fluxo de dinheiro nacional sendo afetado pelo fluxo externo

A reserva em moeda estrangeira aumenta ou diminui de acordo com o resultado do balanço de pagamentos. Para não sobrecarregar o esquema da Figura 6, é suposto que o tanque da reserva de moeda estrangeira seja alimentado e esvaziado por um único investidor estrangeiro. Existe uma tubulação específica para introduzir receitas com exportações e outras receitas do exterior, e uma outra tubulação para retirar pagamentos com importações e envio de remessas ao exterior. O investidor estrangeiro não tem controle sobre o fluxo de entrada e saída nessas duas outras tubulações.

A quantidade de moeda nacional pode alterar, independentemente de haver entrada ou saída de dinheiro pela bomba MNE ou pela bomba MNS da Figura 6. A sucessão de saques e depósitos com as transações empresariais, associada ao efeito multiplicador bancário, aumenta a quantidade de moeda no tanque superior, como se houvesse uma "reação química". De fato, o PIB e os meios de pagamento no Brasil crescem de forma exponencial ao longo do tempo, como foi mostrado no capítulo 4 do livro de HENRIQUES DE BRITO(2003).

Em geral, as reações químicas podem ser controladas pela temperatura, de forma que uma diminuição de temperatura reduz, e até inibe, as reações químicas em cadeia (como em reatores nucleares). Por analogia, as alterações no depósito compulsório são, portanto, representadas no esquema com um dispositivo para aquecimento ou resfriamento, pois, neste caso, a variação da moeda em circulação ocorre pelo maior ou menor crédito disponibilizado pelo sistema bancário, e não pela introdução física de dinheiro pelo governo. Se o depósito compulsório for reduzido, por exemplo, o crédito para transações deve ficar mais fácil e aumenta a quantidade de moeda no tanque superior da Figura 6.

Existe assim uma diferença fundamental entre os tanques da Figura 6. O tanque inferior é um simples reservatório, onde as divisas são estocadas. Já o tanque superior é um reator químico, no qual o conteúdo pode variar, independentemente de haver entrada ou saída de recursos financeiros. Este tanque tem um indicador - denominado iHdB - informando a atratividade das transações na moeda nacional. O conceito e o cálculo do indicador iHdB - explicados no Capítulo 1 do livro de HENRIQUES DE BRITO (2003) - não são relevantes para a discussão abaixo.

Enquanto o investidor estrangeiro com divisas controla a bomba MEE e a bomba MES, que estão associadas ao reservatório inferior da Figura 6, o banco central de um país, que recebe as divisas, controla a bomba MNE e a bomba MNS, associadas ao "reator químico" na parte superior da Figura 6. Quanto mais favorável for um país para investidores estrangeiros realizarem transações na moeda nacional, maior será a rotação da bomba MEE, o que aumenta a reserva de moeda estrangeira. Nessas ocasiões, a bomba MNE injeta dinheiro em moeda nacional (pois o banco central compra divisas), de acordo com a vazão de dinheiro estrangeiro que entra, observando a relação entre os níveis nos dois reservatórios. Assim, a rotação da bomba MNE é controlada pelo indicador e controlador de vazão (instrumento denominado FIC - "flow indicator control" - à direita) na entrada do reservatório com a moeda estrangeira, e pelos indicadores e controladores de nível de ambos reservatórios da Figura 6 (instrumento denominado LIC - "level indicator control").

Por outro lado, circunstâncias "ruins" nas transações com moeda nacional para investidores estrangeiros devem acelerar a rotação da bomba MES a fim de retirar uma vazão de dinheiro em moeda estrangeira, o que causa uma diminuição no nível da reserva em moeda estrangeira. Conforme o nível da reserva em moeda estrangeira (dado pelo indicador e controlador LIC inferior) e conforme a vazão na saída (dada pelo indicador e controlador FIC - à esquerda), a bomba MNS deve retirar uma determinada vazão de dinheiro em moeda nacional (com a venda de divisas), se for desejado manter uma determinada relação entre os níveis dos tanques. As válvulas na entrada e na saída do reservatório de moeda estrangeira indicam as possibilidades para restringir a vazão de dinheiro estrangeiro.

Além do investidor estrangeiro afetar o volume das reservas externas, os recebimentos e

pagamentos fora do seu controle e também fora do controle do banco central afetam o conteúdo do reservatório inferior da Figura 6. Quando o balanço comercial é positivo, isto é, as exportações superam as importações, há um fluxo líquido que contribui para encher o reservatório de moeda estrangeira. Por outro lado, as remessas ao exterior (por exemplo: envio de lucros e royalties) podem ser maiores do que outras receitas vindas do exterior, isto é, há um déficit no balanço de serviços, o que contribui para diminuir o volume das reservas estrangeiras. Assim, no esquema da Figura 6, o saldo líquido (diferença entre o que entra e o que sai), na tubulação com fluxo fora do controle do investidor estrangeiro e do banco central, é o resultado da conta de transações correntes do balanço de pagamentos. O investimento líquido do investidor estrangeiro é o resultado da conta capital e financeira.

A diferença entre o câmbio fixo e o câmbio flutuante está na configuração do sistema de controle da Figura 6. No sistema de câmbio fixo, a regulação do sistema de controle será rígida. No sistema de câmbio flutuante, a regulação do sistema de controle será flexível. Se a entrada líquida de divisas for constante no reservatório inferior da Figura 6, no sistema de câmbio fixo ocorre um aumento constante na entrada de moeda nacional no reservatório superior. O sistema de câmbio flutuante impede tal acumulação constante no reservatório superior. Por outro lado, quando houver uma saída líquida de divisas no sistema de câmbio fixo, pode ocorrer um esvaziamento completo e rápido do reservatório inferior, ocorrência menos provável com o sistema de câmbio flutuante, pois vai mudando a taxa de câmbio, isto é, a regulação do sistema de controle da Figura 6.

É desejável que as oscilações de nível nos tanques não sejam bruscas. Quanto maior for o volume de recursos que entram ou saem, em relação ao volume de recursos em circulação dentro de um país, e quanto menor for o intervalo de tempo durante o qual ocorrem tais movimentos, maior será a instabilidade econômica, que fica muito grave quando há verdadeiros "espasmos" na entrada e saída de recursos. Tais "espasmos" acarretam uma "convulsão" na economia porque é difícil a gestão de um sistema no qual tanto as variáveis de entrada e de saída como os parâmetros associados estão sujeitos a fortes flutuações.

A entrada de divisas, vindas do exterior, favorece uma valorização cambial da moeda nacional em relação à moeda estrangeira de referência no sistema de câmbio flutuante. Quando os investidores percebem que as oportunidades em um país são boas (isto é, o valor do iHdB é elevado), deve entrar dinheiro no país. Outras formas de entrar divisas são as receitas com a exportação de mercadorias, a prestação de serviços e a vinda de turistas estrangeiros. Enfim, vários motivos podem encher o reservatório com moeda externa, gerando conseqüências que dependem da regulação do sistema de controle da Figura 6.

Uma forte e prolongada valorização cambial - devido a um intenso fluxo de capital vindo do exterior - pode ser prejudicial a um país porque aumenta o estímulo a importações e inibe as exportações, podendo até comprometer a produção interna. Para que não haja uma valorização do câmbio após a entrada de um grande volume de divisas, um banco central tem que emitir mais moeda local (aumento da base monetária), isto é, acionar a bomba MNE da Figura 6. Se a emissão de moeda estiver atrelada a uma moeda internacional (caso do currency board na Argentina na década de 1990), a cada investimento que entra é feita uma emissão em moeda nacional, equivalente ao aumento das reservas de moeda internacional.

Se, por um lado, a entrada súbita de um grande fluxo de capital externo permite um aumento da liquidez que favorecerá a ocorrência de mais transações - além de aumentar as reservas e de permitir honrar obrigações internacionais com folga - por outro lado é pouco provável haver um repentino aumento generalizado da produção nacional que consiga ampliar as transações que poderiam dar lastro a este aumento da liquidez nacional. Assim, a entrada súbita de divisas favorecerá a inflação de um país na medida em que seu governo tentar conter a valorização cambial. A súbita e vultosa entrada de metais preciosos das colônias americanas causou inflação e distúrbios na Europa no século XVI, por exemplo.

Para inibir o aumento dos preços, devido ao aumento de emissões sem um correspondente aumento de transações, um governo pode tentar reprimir a demanda. Existe a expectativa de reduzir o consumo de bens adquiridos com crediário ao aumentar o compulsório dos bancos, por exemplo, o que equivale a “resfriar” o reservatório superior da Figura 6. Outra possibilidade é a do governo elevar as taxas de juros do banco central, incentivando aplicações financeiras. Todavia, esta medida acaba sendo prejudicial para o financiamento do capital de giro e de novos investimentos. Esta alternativa pode também atrair mais capital externo especulativo, o que, num regime de câmbio flutuante, aumentaria a valorização cambial, que seria, precisamente, o que se desejaria evitar. Pode-se reduzir a liquidez com programas de privatização e aumento da carga tributária.

Empregando a analogia da Figura 6, uma austera gestão fiscal e monetária significa controlar, com determinação, a "temperatura" do reservatório de moeda nacional e o funcionamento das bombas MNE e MNS. Se um governo apresentar sucessivos déficits (gastos maiores que receitas), há um “acréscimo” de moeda nacional (como se a bomba MNE funcionasse mais rapidamente do que a bomba MNS). Idealmente, um governo deveria arrecadar mais do que gasta, inclusive com despesas financeiras, um requisito quando há grandes obrigações com o exterior.

Há países onde ocorrem - sem a contrapartida esperada pela sociedade local - um constante aumento de tributos; uma ausência de obras de manutenção, melhoria e ampliação da infra-estrutura existente, de forma a não gastar; uma elevação nos preços de serviços públicos de infra-estrutura; uma eliminação generalizada de subsídios (inclusive aqueles que estimulam ou contribuem para aumentar as exportações); uma redução de benefícios sociais (como aposentadorias, sistema de saúde e educação básica, pública e gratuita em todos os níveis, tal como oferecem países considerados ricos); um aumento da dívida pública interna; e uma crescente adoção de programas de privatização com desnacionalização. Naqueles países onde tudo isso ocorre, em geral o governo ainda espera que doações privadas nacionais forneçam recursos para executar programas sociais, que seriam obrigação do Estado, o que torna tais doações, de fato, “tributos voluntários”, notadamente se tais “doações” não proporcionarem descontos no imposto de renda da pessoa física ou jurídica, como ocorre nos países chamados ricos. Enfim, naqueles países onde ocorre tudo isso que foi citado neste longo parágrafo é porque o governo está arrecadando dinheiro para aumentar o superávit primário do setor público de seu país. Toda esta acumulação governamental visa honrar pagamentos internacionais com maior facilidade, evitar a desvalorização cambial e, conseqüentemente, conter a instabilidade causada pela inflação.

Mas como um aumento da arrecadação do governo, em moeda nacional, pode contribuir para honrar os compromissos externos, se, em princípio, somente a moeda estrangeira é enviada ao exterior? A resposta está na necessidade de manter a variação cambial sob controle; caso contrário, há inflação, que não deixa de ser um tributo - o imposto inflacionário. O montante em moeda estrangeira, destinado a honrar os compromissos externos, precisa reduzir o montante de moeda nacional em circulação (liquidez na economia), a fim de manter em vigor uma determinada taxa de câmbio. Se houver uma desvalorização da moeda nacional a situação se agrava, pois o dinheiro arrecadado pelo governo precisa aumentar ainda mais, isto é, o superávit primário do setor público tem de crescer ainda mais.

O senso de obrigação de ter que honrar enormes pagamentos internacionais faz o governo se esforçar para receber divisas, usadas de imediato para honrar tais pagamentos. Só que esta entrada de divisas também viabiliza um aumento da moeda nacional, em virtude do sistema de controle da Figura 6. Quem entregou as divisas recebe uma quantidade de moeda nacional, conforme já mencionado. Assim, tributar diretamente a população e o empresariado estabelecido é a forma de compensar o aumento da quantidade de moeda nacional no

reservatório da Figura 6, acarretado pela entrada de divisas que são usadas para honrar pagamentos internacionais.

Tributar é, para um governo, a forma mais definitiva de controlar o equilíbrio da taxa de câmbio, em comparação a vender títulos governamentais no sistema financeiro, pagando juros, o que aumenta a dívida interna do governo e apenas adia o problema. Observando a Figura 6, a alternativa para deixar de tributar e de aumentar a dívida pública pelas altas taxas de juros é uma elevada inflação, que, com já foi dito, é também um tributo. Assim, um país com pesados pagamentos internacionais a honrar está entre "a cruz e a espada": ou adota uma política monetária e fiscal livre, com hiperinflação, ou adota uma política monetária e fiscal rigorosa, com recessão.

5 CONCLUSÃO

Os três exemplos citados nesse artigo não excluem a existência de vários outros vínculos que podem ser estabelecidos entre conceitos que fazem parte das ementas de disciplinas em cursos de engenharia e acontecimentos na vida cotidiana que seriam em tese atribuições de outras profissões. Todavia, enquanto o funcionamento da natureza decorre de leis universais, a repartição de atribuições por profissionais dentro de uma sociedade decorre da aplicação do princípio da divisão do trabalho, que procura aumentar a eficiência e a eficácia do processo de geração de riqueza, embora restrinja a visão dos indivíduos dentro de uma sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HENRIQUES DE BRITO, Marcelo. **Crise e Prosperidade Comercial, Financeira e Política**, Rio de Janeiro: Probatius, 2003.
- HENRIQUES DE BRITO, Marcelo. Importância e características do escoamento viscoso e incompressível, Revista **ABENGE**. Brasília, n. 19, 1998, p. 4 a 15 com errata da revista na edição 20, 1998, p. 42 a 43.
- HOLMAN, J.P.; **Thermodynamics**; McGraw-Hill, 1980.
- von STOCKAR, U.; HENRIQUES DE BRITO, M.; CARUSO, P.-L.; CROT, D. e A. MENENDEZ BANGERTER; **Procédés de Séparation I, II, III**; Swiss Federal Institute of Technology Lausanne - EPFL, 1991.

ANALOGIES BETWEEN PROCESSES STUDIED IN ENGINEERING AND BUSINESS PROCESSES

Abstract: *The purpose of this work is to present how to establish analogies between material presented in an undergraduated course in engineering and subjects related to business and administration, what may arouse even more students' interest for the course as well as develop their interdisciplinary vision.*

Key Words: *Business and administration, Engineering education, Transport phenomena, Thermodynamics, Process*