

## White Paper

# Derivativos e Risco de Contraparte

## INTRODUÇÃO

Em diversos mercados – como o financeiro, imobiliário, serviços, etc. - uma das principais fontes de preocupação dos agentes é o risco de inadimplência, também conhecido como risco de contraparte ou risco de crédito. De modo geral, ele representa o risco de que uma das partes de um contrato não honre os compromissos firmados.

Por exemplo, suponha a aquisição de um apartamento na planta. O comprador do imóvel corre o risco de fazer o pagamento (ou parte dele) e o vendedor (a construtora) não conseguir entregá-lo<sup>1</sup>. Neste caso, o comprador não apenas perde o dinheiro pago, mas também tem de procurar outro apartamento para morar e pagar por ele. O vendedor, por sua vez, corre o risco de o comprador não ter dinheiro suficiente para quitar 100% do valor acordado, tendo então que retomar o imóvel e vendê-lo novamente.

No Setor Elétrico Brasileiro (SEB), os agentes que compram e vendem energia no Mercado Livre (ou Ambiente de Contratação Livre – ACL) estão sujeitos a situação parecida. Todo contrato negociado é registrado na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) que, mensalmente, verifica os balanços (i) de lastro e (ii) de energia de cada agente. Caso apresente déficit no balanço de lastro, o agente fica sujeito ao pagamento de uma penalidade. Já no caso do balanço de energia, os saldos verificados (excessos ou déficits) são automaticamente liquidados ao Preço de Liquidação de Diferenças (o PLD) que, no Brasil, é o equivalente a um preço *spot* de energia. Portanto, caso um vendedor não honre uma venda, isto é, não registre o contrato na CCEE, o comprador não apenas perderá o valor que pagou, mas também terá de incorrer em uma nova despesa para adquirir, de um terceiro, um novo contrato para substituir o primeiro<sup>2</sup>. Observe que esta situação é similar ao exemplo do imóvel.

---

<sup>1</sup> A construtora pode falir durante a construção, por exemplo.

<sup>2</sup> Este movimento é necessário para se evitar a penalidade por falta de lastro.

Nos mercados de commodities globais, no entanto, é muito comum que as transações realizadas não tenham por objetivo principal a obtenção do bem em si, mas sim a garantir um preço de compra ou venda. Nestes casos, os contratos funcionam apenas como instrumentos de proteção (*hedge*) contra a volatilidade e incerteza dos preços futuros, ou para a tomada de posição para fins especulativos. Neste contexto, para atender a estas demandas, foram criados os derivativos.

Derivativos são instrumentos de *hedge* que, normalmente, não envolvem a entrega do ativo subjacente. Sua liquidação ocorre por uma simples troca financeira entre as partes, que resulta da diferença entre um preço acordado no momento de sua negociação e o observado na data de vencimento.

Existem diversos tipos de derivativos negociados em diferentes mercados. No SEB, por exemplo, é possível negociar contratos a termo, também conhecidos como *forwards*, na BBCE. Maiores detalhes sobre seu funcionamento podem ser encontrados na série de e-books [“Derivativos no mercado de energia”](#), desenvolvidos pela BBCE em parceria com a Abraceel. Este tipo de derivativo apresenta um conjunto de vantagens sobre contratos usualmente negociados no ACL, que culminam com o registro na CCEE. Neste estudo, apresentaremos uma destas: a menor exposição ao risco de contraparte.

## 1. DERIVATIVOS

Um derivativo pode ser definido como um instrumento financeiro cujo valor depende (ou deriva) de outra variável – como o PLD, por exemplo. Estes instrumentos desempenham um papel fundamental na transferência de uma ampla gama de riscos entre agentes, além de serem usados para especulação ou arbitragem. Termos, futuros, opções e *swaps* são exemplos de derivativos, sendo que o primeiro é mais líquido no mercado brasileiro, e é o oferecido pela BBCE em sua [plataforma de derivativos](#).

### **Contratos a termo (*forwards*)**

Os contratos a termo, ou *forwards*, são a forma mais tradicional de derivativo, e são os que usualmente apresentam maior liquidez nos mercados. Sua

negociação é feita de forma bilateral em mercados de balcão (OTC), organizados ou não, ou por meio de plataformas eletrônicas<sup>3</sup>.

Um termo determina um compromisso futuro de compra e venda de uma quantidade  $Q$ , a um determinado preço  $P$ , na data de vencimento  $T$ . É possível que o termo preveja a entrega física do ativo negociado – que, no caso do ACL, é equivalente ao registro do contrato na CCEE<sup>4</sup> – porém o mais comum é que a sua liquidação seja exclusivamente financeira, ou seja, que a transação envolva apenas o resultado financeiro da operação e não o ativo em si. Nestes casos, os termos são conhecidos como *Non-Deliverable Forwards* (NDFs).

Em geral, o resultado do contrato (que determina o pagamento entre as partes) é calculado pela diferença entre o preço negociado  $P$  e o preço *spot*  $S$  verificado na data de vencimento da transação. Assim, o valor a ser pago (ou recebido) pelo comprador ao (do) vendedor segue a regra abaixo:

$$\begin{array}{l} \text{Comprador} \left\{ \begin{array}{ll} \text{Paga } (P - S) * Q, & \text{se } P > S \\ \text{Recebe } (S - P) * Q, & \text{se } P < S \end{array} \right. \\ \text{Vendedor} \left\{ \begin{array}{ll} \text{Recebe } (P - S) * Q, & \text{se } P > S \\ \text{Paga } (S - P) * Q, & \text{se } P < S \end{array} \right. \end{array}$$

Note que a liquidação do derivativo envolve um desembolso financeiro menor se comparado ao dos contratos com entrega e, portanto, a exposição de cada parte à um possível evento de inadimplência da outra é, também, menor.

Tal característica traz uma série de vantagens às partes envolvidas, tais como a necessidade de um volume menor de garantias, o consumo menor dos limites de crédito e, por fim, o potencial de negociar maiores volumes com um mesmo limite, se comparado aos contratos com entrega.

Nas seções seguintes será apresentado um estudo de caso que tem como objetivo calcular e quantificar estas diferenças, de modo a ilustrar, por meio de um exemplo concreto, as vantagens mencionadas.

<sup>3</sup> Contratos *forward* negociados em bolsas são normalmente chamados de futuros (*futures*). Nestes casos, é comum que associada à bolsa exista uma *clearing house*, e que a liquidação dos contratos seja diária, sujeita a chamadas de margens.

<sup>4</sup> A eletricidade tem características peculiares e, por isso, a expressão “entrega física” tem um significado diferente daquele que é normalmente utilizado para outras commodities. Uma breve discussão sobre este tema é apresentada no Anexo II.

## 2. METODOLOGIA DE CÁLCULO DE RISCO DE CONTRAPARTE

Conforme discutido, o risco de contraparte tem relação com a perda potencial (exposição) de um agente em caso de evento de inadimplência contratual (*default*) da outra parte. É por meio da estimação desta perda potencial (e sua probabilidade de ocorrência) que são calculados os limites de negociação de um agente com os demais.

Existem diversas maneiras para se estimar esta perda potencial. No caso de derivativos, uma bastante comum é pelo cálculo da Exposição Potencial Futura (*Potential Future Exposure* – PFE).

A PFE é uma estimativa da exposição financeira de um agente a outro, que resulta de uma transação entre as partes, a ser liquidada em data futura, dado um nível de confiança (C) especificado. Por exemplo, suponha um agente X, que tenha feito uma transação comercial com o agente Y, estime que sua PFE a Y em 12 meses, com 95% de confiança, seja de R\$ 5 milhões. Neste caso, X tem 95% de confiança que ao final de 1 ano, quando a transação for liquidada, o potencial ganho auferido será menor ou igual a R\$ 5 milhões, de modo que um *default* de Y lhe causaria um prejuízo de R\$ 5 milhões ou menos. Portanto, a exposição potencial futura de X a Y, com 95% de confiança, é de R\$ 5 milhões<sup>5</sup>.

### Contratos de energia a termo com entrega (*Deliverable Forwards* – DFs)

Considerando uma transação feita no Mercado Livre (ACL) brasileiro, o cálculo da PFE de cada parte é dado por:

$$PFE = \begin{cases} P * Q + \min(F^A, PLD_{teto}) * Q, & \text{no caso do comprador} \\ -1 * Q * [\max(F^B, PLD_{piso}) - P], & \text{no caso do vendedor} \end{cases}$$

Onde:

---

<sup>5</sup> Este seria o valor usado para calcular as garantias exigidas por X de Y para concretizar a transação. Naturalmente, Y faria seus próprios cálculos para determinar sua PFE a X e, conseqüentemente, as garantias que exigiria dele.

$F^A$  e  $F^B$  representam uma estimativa de quão alto ou baixo, respectivamente, os preços podem vir estar no mercado na data da liquidação.

No caso do comprador, por exemplo, um *default* do vendedor fará com que ele, comprador, perca o valor pago  $P * Q$ . Só que além disso, ele terá que recorrer ao mercado para comprar um novo contrato, a fim de substituir aquele que não lhe foi entregue. Como não é possível saber, de antemão, com certeza, qual será o preço desse novo contrato, o comprador trabalhará com uma estimativa conservadora, isto é, uma projeção de preço alto. A variável  $F^A$  representa tal estimativa<sup>6</sup>. No ANEXO I são discutidas e apresentadas algumas metodologias para calculá-la.

Assim, o custo estimado para o comprador que resultaria de um possível *default* do vendedor é dado pela soma do pagamento perdido, dado pela 1ª parcela da fórmula, com o custo da compra adicional, dado pela 2ª parcela. Esta seria a exposição do comprador ao vendedor.

No caso do vendedor, a situação é similar, porém contrária. Um *default* do comprador (não pagamento pela energia) faria com que ele tivesse que voltar a mercado para vender a energia. Assim como no caso anterior, como não é possível saber, de antemão, com 100% de certeza, qual será esse preço, o vendedor adotará uma estimativa conservadora, isto é, uma projeção de preço baixo. A variável  $F^B$  representa tal estimativa.

Assim, o custo estimado para o vendedor que resultaria de um possível *default* do comprador é dado pela diferença entre quanto ele ganharia na venda inicial, ao preço  $P$ , e quanto ele ganhará na nova venda, assumindo que ela será realizada a um preço menor que  $P$ . Esta seria a exposição do vendedor ao comprador.

Por fim, é importante ressaltar que, tanto no caso do comprador quanto do vendedor, como a data de entrega dos novos contratos firmados provavelmente estará muito próxima, as parcelas  $\min(F^A, PLD_{teto})$  e

---

<sup>6</sup> A função de mínimo garante que o preço estimado não seja maior que o PLD teto – estamos assumindo negociação de energia convencional.

$\max(F^B, PLD_{\text{pliso}})$  das fórmulas pode ser substituída por uma estimativa do PLD na data<sup>7</sup>. Assim, a fórmula da PFE poderia ser reescrita como:

$$PFE = \begin{cases} P * Q + PLD^A * Q = Q * [P + PLD^A], & \text{no caso do comprador} \\ -1 * Q * [PLD^B - P] = Q * [P - PLD^B], & \text{no caso do vendedor} \end{cases}$$

Onde:

$PLD^A$  e  $PLD^B$  representam, respectivamente, estimativas conservadoras para o comprador e vendedor: preço alto para o primeiro e baixo para o segundo.

### Contratos de energia a termo sem entrega (NDFs)

Conforme apresentado, a liquidação dos NDFs se dá por uma troca financeira, igual ao resultado da operação, que é dado pela diferença entre o PLD realizado e o preço acordado no NDF. Neste caso, o cálculo da PFE de cada parte é dado por:

$$PFE = \begin{cases} Q * [PLD^A - P], & \text{no caso do comprador} \\ Q * [P - PLD^B], & \text{no caso do vendedor} \end{cases}$$

Onde:  $PLD^A$  e  $PLD^B$  representam as mesmas grandezas descritas no caso anterior.

Observe que, para o vendedor, a exposição no derivativo é idêntica à exposição no contrato. Se o  $PLD$  realizado for menor que  $P$ , o vendedor ganha a diferença entre  $PLD$  e  $P$ , que deve ser paga a ele pelo comprador. Portanto, em caso de *default* do segundo, é este o valor que o primeiro deixa de receber (que perde).

Assim, esta é a exposição do vendedor ao comprador<sup>8</sup>.

Para o comprador, no entanto, há uma redução muito significativa. Em primeiro lugar, não há a perda do principal, uma vez que não houve uma compra efetiva

<sup>7</sup> O preço de contratos no mercado livre se aproxima do PLD à medida que a data de entrega se aproxima.

<sup>8</sup> Note que se  $PLD > P$  o vendedor não tem exposição ao comprador, uma vez que é ele, vendedor, que terá de fazer o pagamento.

do ativo. Portanto, elimina-se a parcela  $P * Q$ . Adicionalmente, uma vez que a liquidação do NDF se dá pelo resultado da operação, a exposição do comprador ao vendedor ocorre apenas se o  $PLD$  realizado for maior que  $P$ , caso em que o vendedor deverá pagar, ao comprador, esta diferença.

Se compararmos as exposições de ambas as partes, temos que:

- Para o vendedor:  $PFE_{DF} = PFE_{NDF}$
- Para o comprador:  $PFE_{DF} = PFE_{NDF} + 2 * Q * P$

Assim, fica claro como, na ausência da necessidade de entrega, as transações com derivativos (NDFs) resultam em exposição menor (ou no máximo igual) àquelas feitas por contratos com entrega.

Além da redução do risco em si, este fato traz outras vantagens, tais como: redução do volume de aporte de garantias, consumo menor de limites de crédito ou possibilidade de negociar um volume maior, dado um limite pré-definido. Na seção a seguir será apresentado um estudo de caso com o objetivo de ilustrar estes conceitos.

### 3. ESTUDO DE CASO

O exercício a seguir tem como objetivo calcular a exposição de uma carteira cuja posição tenha sido tomados por contratos a termo *forward* usualmente negociados no ACL, que preveem o registro na CCEE, e compará-la com uma idêntica, porém cujas posições tenham sido montadas usando os NDFs.

#### **Carteira de contratos *forward* no ACL**

Foi elaborada uma carteira fictícia, com referência a maio de 2021, considerando negócios fechados em tela ou formalizados por meio da BBCE Boleta Eletrônica. Os produtos foram agrupados e desmembrados para chegar à exposição de cada mês.

Mês	Compra			Venda		
	MWh	MW médio	Preço Médio	MWh	MW médio	Preço Médio
Jun-21	448,826.00	623.37	277.23	536,328.00	744.90	251.70
Jul-21	161,485.20	217.05	416.00	174,877.20	235.05	366.64
Ago-21	104,234.40	140.10	405.67	142,252.80	191.20	377.08
Set-21	57,816.00	80.30	336.83	94,752.00	131.60	338.47
Out-21	89,949.60	120.90	324.89	113,683.20	152.80	314.26
Nov-21	103,536.00	143.80	345.42	96,048.00	133.40	303.13
Dez-21	58,478.40	78.60	280.27	109,293.60	146.90	295.93
Jan-22	1,488.00	2.00	265.00	-	-	-
Fev-22	1,344.00	2.00	265.00	-	-	-
Mar-22	1,488.00	2.00	265.00	-	-	-

Usando as fórmulas apresentadas na seção 3, é possível calcular a exposição do agente, em cada um dos meses, das compras e vendas realizadas. Lembre-se que o que estamos calculando é o impacto (a perda) potencial do agente em caso de *default* da contraparte<sup>9</sup>. A tabela abaixo apresenta os resultados.

Mês	PFE das Compras (em milhões de R\$)	PFE das Vendas (em milhões de R\$)
Jun-21	293.5	22.7
Jul-21	161.5	21.8
Ago-21	103.1	15.1
Set-21	49.5	9.2
Out-21	74.0	13.3
Nov-21	92.3	12.1
Dez-21	43.1	15.4
Jan-22	1.0	-
Fev-22	0.9	-
Mar-22	1.0	-

Observe o mês de julho de 2021. O volume comprado é de 217.05 MW médios e o vendido é de 235.05 MW médios, o que representa uma diferença de 18 MW

<sup>9</sup> Por questão de simplicidade, estamos assumindo que todas as compras e vendas foram feitas com a mesma contraparte.

médios – aproximadamente 8%. No entanto, a exposição das compras é de R\$ 161.5 milhões e a das vendas de R\$ 21.8 milhões, uma diferença de 7.4 vezes, apesar do volume semelhante nas duas pontas! Isto é consequência da necessidade de recompra da energia (por parte do comprador) além da perda do que foi pago, conforme discutido anteriormente.

### **Carteira de *non-deliverable forwards* (NDFs)**

A seguir, repetimos o exercício, considerando uma carteira idêntica, porém assumindo que as posições foram, todas, tomadas em NDFs. A tabela abaixo apresenta a exposição do agente.

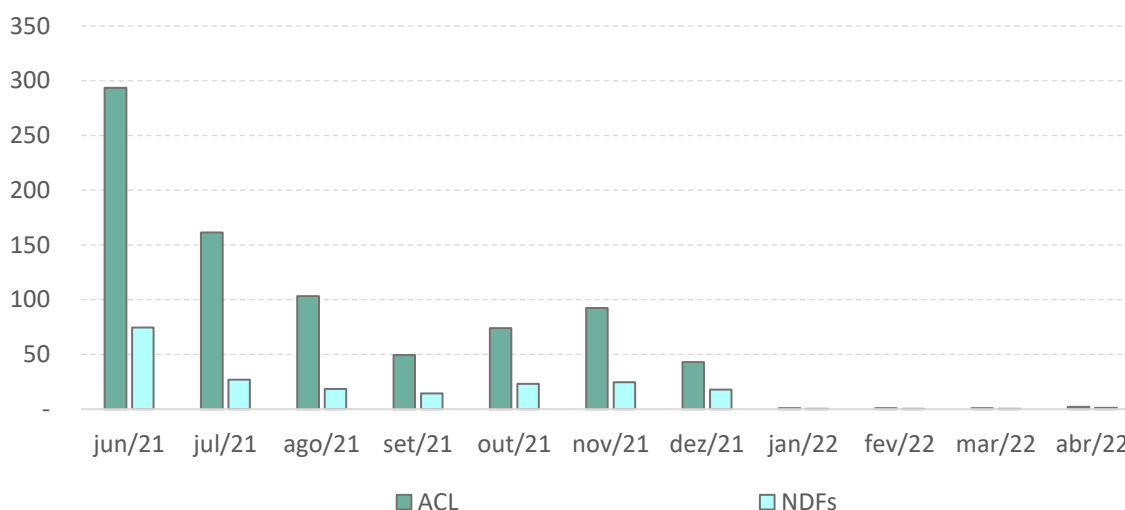
Mês	PFE das Compras (em milhões de R\$)	PFE das Vendas (em milhões de R\$)
Jun-21	74.7	22.7
Jul-21	27.1	21.8
Ago-21	18.6	15.1
Set-21	14.3	9.2
Out-21	23.3	13.3
Nov-21	24.7	12.1
Dez-21	17.8	15.4
Jan-22	0.4	-
Fev-22	0.4	-
Mar-22	0.4	-

Conforme esperado, a exposição das vendas é a mesma. Entretanto, a exposição das compras se reduziu significativamente. A tabela na página a seguir compara os valores.

Mês	PFE Compras (em M R\$)			PFE Vendas (em M R\$)		
	ACL	NDF	Diferença	ACL	NDF	Diferença
Jun-21	293.5	74.7	393%	22.7	22.7	0%
Jul-21	161.5	27.1	596%	21.8	21.8	
Ago-21	103.1	18.6	555%	15.1	15.1	
Set-21	49.5	14.3	347%	9.2	9.2	
Out-21	74.0	23.3	318%	13.3	13.3	
Nov-21	92.3	24.7	374%	12.1	12.1	
Dez-21	43.1	17.8	243%	15.4	15.4	
Jan-22	1.0	0.4	238%	-	-	
Fev-22	0.9	0.4	232%	-	-	
Mar-22	1.0	0.4	227%	-	-	

O gráfico abaixo ilustra esta diferença para as posições de compra.

**Exposição das posições de compra da carteira (em milhões de R\$)**



#### 4. CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo conceitualizar, de forma breve, o que são derivativos, e apresentar o *non-deliverable forward* (NDF), negociado na plataforma de derivativos da BBCE, que é comumente utilizados nos mercados de energia elétrica internacionais.

Foram também apresentadas algumas vantagens deste tipo de derivativo sobre os contratos *forward* usualmente negociados no ACL, que beneficiam principalmente os agentes que estão em busca de apenas de *hedge* de preços, especulação, tomada de posição ou arbitragem.

Por fim, apresentamos um estudo de caso que ilustra como a negociação de NDFs reduz a exposição ao risco de contraparte, se comparado aos contratos *forward* do ACL, e, conseqüentemente, resulta (i) na redução do volume de aporte de garantias; (ii) no consumo menor de limites de crédito; e (iii) possibilita a negociação de um volume maior, dado um limite pré-definido.

Esperamos com o presente estudo contribuir para a ampliação do conhecimento e o entendimento sobre derivativos de energia no Brasil.

## ANEXO I

Conceitualmente, o cálculo das variáveis  $F^A$  e  $F^B$ , que aparecem nas fórmulas da Seção 3, consiste simplesmente na obtenção de uma estimativa conservadora para o preço de compra/venda da energia, em uma data futura, em caso de *default* da contraparte. No caso do comprador, o risco é ter que comprar a um preço alto ( $F^A$ ), maior do que o que pagou no contrato ( $P$ ). Já no caso do vendedor, o risco é ter que vender a um preço baixo, ( $F^B$ ), menor do que o que pagou no contrato ( $P$ ).

Existem diferentes maneiras de se produzir estimativas desta natureza. Uma delas, bastante utilizada na PSR, é por meio de Simulação de Monte Carlo. Nesta abordagem, constrói-se um modelo estocástico (probabilístico) de preços e, a partir de sucessivos sorteios para os valores das variáveis que fazem parte do modelo, são simulados centenas (ou milhares, milhões, ...) de potenciais futuros (caminhos) para os preços. A partir da análise destes possíveis futuros obtém-se a estimativa<sup>10,11</sup>.

Uma segunda maneira, conhecida como abordagem paramétrica, associa uma distribuição de probabilidades conhecida à variável de interesse e, a partir desta, produz uma estimativa. Usualmente, a distribuição utilizada é a *Normal*, com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$  -  $N(\mu, \sigma^2)$  - que apresenta uma série de características interessantes que tornam fácil o cálculo da estimativa.

Por exemplo, se assumirmos que a variação dos preços segue uma distribuição  $N(0, \sigma^2)$ , e que gostaríamos de uma estimativa com 95% de confiança, podemos calcular  $F^A$  e  $F^B$ , a partir das seguintes fórmulas:

$$F^A = F + (F * 1,64 * \sigma * \sqrt{T})$$
$$F^B = F - (F * 1,64 * \sigma * \sqrt{T})$$

Onde:

---

<sup>10</sup> Os modelos de despacho usados no setor (NEWAVE, DECOMP e DESSEM) usam esta abordagem.

<sup>11</sup> Todos nós utilizamos, intuitivamente, esta abordagem no dia a dia quando precisamos, por exemplo, decidir a que horas temos que sair de casa para chegar a tempo de um compromisso. Para tomar esta decisão, imaginamos (simulamos) como o trânsito pode estar no trajeto (se chover, se houver um acidente, se estiver tudo livre, etc.) e, a partir destes diversos cenários criados, tomamos uma decisão.

$F$ : preço atual observado no mercado para o vértice da curva que estamos avaliando (um determinado vencimento)

$\sigma$ : volatilidade diária da variação de preços deste vértice

$T$ : número de dias úteis da data base (hoje) até a data de divulgação do PLD

1,64: valor crítico da distribuição Normal Padrão associado ao percentil 95%

É importante ressaltar que a abordagem paramétrica assume que a distribuição utilizada – neste exemplo, a Normal – representa adequadamente o fenômeno – neste caso, a variação diária dos preços. Caso isto não seja verdade, os resultados poderão ser enganosos.

## ANEXO II

Para a maioria dos bens transacionados, a entrega física é caracterizada pela efetiva transferência de sua posse, do vendedor para o comprador: por exemplo, com a entrega do produto adquirido – um computador, uma peça de roupa, um barril de petróleo – no endereço acordado na transação.

No entanto, para que haja esta transferência direta, é necessário que o bem seja armazenável, identificável e rastreável (observável), que são características que a energia elétrica não possui.

Em um sistema elétrico, a energia produzida pelas usinas é imediatamente consumida pelas cargas conectadas a ele<sup>12</sup>. Adicionalmente, partir do momento em que é injetada no sistema, é impossível saber qual carga foi atendida pela eletricidade produzida por determinada usina. Assim, nos mercados de eletricidade, o conceito de “entrega física” não é aquele adotado para outras commodities e, quando utilizado (o que não é usual), está geralmente associado ao despacho físico de uma usina, e não à efetiva transferência de energia de um vendedor para um comprador.

No Brasil, no entanto, os contratos de energia não têm influência na operação física do sistema. O despacho das usinas é planejado de forma centralizada pelo ONS, com base nos custos de operação informados pelos agentes, e com auxílio de modelos de otimização (NEWAVE, DECOMP e DESSEM). Os contratos firmados entre os agentes, seja no Mercado Regulado ou no Livre, não interferem no despacho, e o ONS sequer toma conhecimento deles.

Por isso, no Brasil, os contratos de energia elétrica, no que diz respeito à *commodity* eletricidade, são financeiros. Observe, inclusive, que sua liquidação na CCEE só ocorre semanas após o vencimento, quando a eletricidade já foi produzida e consumida.

Contudo, a necessidade de se respaldar o consumo (ou uma venda) com lastro torna obrigatório o registro dos contratos na CCEE, de modo que, ainda que os contratos no Brasil não impliquem em entrega de eletricidade, pode-se

---

<sup>12</sup> É responsabilidade do Operador Nacional do Sistema (ONS) manter este equilíbrio entre geração e demanda a todos os instantes, sob risco de quebra da infraestrutura do sistema elétrico.



entender que existe um compromisso de entrega de lastro por parte do vendedor, que fica caracterizada quando o contrato é registrado e validado na CCEE. Ou seja, no SEB, quando se fala em “entrega”, o ativo subjacente não é a energia elétrica, mas sim o lastro associado ao contrato.