

RONNY  CHARLES

O QUE O MIT ENSINA SOBRE MANUTENÇÃO DE AR-CONDICIONADO: ASSIMETRIA INFORMACIONAL E A VERIFICABILIDADE NOS CONTRATOS PÚBLICOS DE CLIMATIZAÇÃO

Lindineide Oliveira Cardoso

Mestranda em Direito Público pelo Centro Universitário Cesmac. Especialista em Licitações e Contratos e em Direito Processual Civil. Servidora pública efetiva do Judiciário Federal (TRE-BA). Professora, palestrante, autora e coautora de obras em Licitações e Contratos.

Marcos Nóbrega

Conselheiro substituto do TCE-PE, professor adjunto IV da UFPE. Visiting Scholar Harvard Law School. Senior fellow Harvard Kennedy School of Government. Visiting Scholar MIT
Conselheiro substituto do TCE-PE, professor adjunto IV da UFPE. Visiting Scholar Harvard Law School. Senior fellow Harvard Kennedy School of Government. Visiting Scholar MIT

RESUMO

Este artigo investiga por que o modelo predominantemente documental de fiscalização dos contratos públicos de manutenção de sistemas de climatização se tornou insuficiente e em que medida a automação predial, a telemetria, a Internet das Coisas e as técnicas de detecção e diagnóstico contínuos de falhas podem alterar estruturalmente a forma como a Administração conhece, mede e remunera a execução. Sustenta-se que a manutenção somente se torna efetivamente verificável quando o próprio contrato passa a produzir dados independentes, contínuos e auditáveis sobre a condição e o desempenho dos ativos, e que instrumentos jurídicos como o Instrumento de Medição de Resultado e a matriz de riscos não geram, por si sós, essa capacidade informacional. O primeiro atribui consequências a indicadores previamente definidos e a segunda distribui responsabilidades por eventos identificáveis, mas nenhum deles observa o equipamento nem supera a dependência de informações autodeclaradas pela contratada. A pesquisa adota abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, com os métodos bibliográfico, documental e jurídico-dogmático, apoiada instrumentalmente na Análise Econômica do Direito e na teoria dos contratos incompletos. Toma-se a Operação Baixa Execução, deflagrada em 2025 para apurar possível fraude em contrato de manutenção de equipamentos de refrigeração do Tribunal de Justiça do Estado da Bahia, como caso ilustrativo da vulnerabilidade informacional do modelo vigente. Examinam-se pesquisas desenvolvidas no ecossistema do Massachusetts Institute of Technology sobre monitoramento não intrusivo de cargas elétricas e detecção de falhas em sistemas HVAC, sem atribuir à instituição modelo contratual não demonstrado por fontes primárias. Conclui-se que a Lei nº 14.133/2021 oferece fundamento suficiente para a transição a modelos orientados a resultados e que o principal obstáculo brasileiro não é a ausência de instrumentos jurídicos, mas a inércia institucional diante de controles retrospectivos e episódicos.

Palavras-chave: contratos administrativos; assimetria informacional; manutenção predial; climatização; monitoramento digital; verificabilidade; remuneração por desempenho.

ABSTRACT

This article investigates why the predominantly documentary model of oversight in public contracts for the maintenance of air-conditioning systems has become insufficient, and to what extent building automation, telemetry, the Internet of Things and continuous fault detection and diagnostics can structurally change the way public administration knows, measures and pays for contract performance. It argues that maintenance becomes effectively verifiable only when the contract itself produces independent, continuous and auditable data on the condition and performance of the assets, and that legal instruments such as the performance measurement instrument and the risk matrix do not, by themselves, create this informational capacity. The former attaches consequences to predefined indicators and the latter allocates responsibility for identifiable events, but neither observes the equipment nor overcomes the dependence on data self-reported by the contractor. The research is qualitative, exploratory and descriptive, combining bibliographic, documentary and legal-dogmatic methods with insights from Law and Economics and the theory of incomplete contracts. The 2025 police investigation known as Operation Low Performance, concerning alleged fraud in a refrigeration maintenance contract of the Court of Justice of Bahia, is used as an illustrative case of the informational vulnerability of the current model. Research developed within the Massachusetts Institute of Technology ecosystem on non-intrusive electrical load monitoring and HVAC fault detection is examined, without attributing to the institution any contracting model unsupported by primary sources. The article concludes that Brazilian Federal Law No. 14,133/2021 provides sufficient grounds for a transition toward outcome-oriented models, and that the main Brazilian obstacle is not the absence of legal instruments but institutional inertia in the face of retrospective and episodic controls.

Keywords: public contracts; information asymmetry; building maintenance; HVAC; digital monitoring; verifiability; performance-based compensation.

1. INTRODUÇÃO

Em agosto de 2025, a Polícia Civil da Bahia deflagrou a denominada Operação Baixa Execução para apurar possível fraude em contrato de manutenção de equipamentos de refrigeração vinculados ao Tribunal de Justiça do Estado da Bahia. Informações divulgadas à época, indicam que a empresa investigada teria recebido por serviços não executados e apresentado relatórios que simulavam manutenções preventivas e corretivas jamais realizadas, em contrato de valor superior a R\$ 2,9 milhões (CORREIO, 2025). Por tratar-se de investigação em curso, e não de decisão definitiva, o episódio é aqui utilizado exclusivamente como caso ilustrativo, preservada a presunção de inocência. O que interessa a esta breve pesquisa não é a imputação de responsabilidade, mas a vulnerabilidade que o caso expõe, notadamente, a possibilidade de serviços constarem como realizados sem qualquer correspondência com a realidade física dos equipamentos.

Essa vulnerabilidade tem origem estrutural. Na maior parte dos contratos públicos de manutenção predial, a comprovação da execução repousa em ordens de serviço, listas de visita, assinaturas e relatórios elaborados pela própria empresa contratada. A medição administrativa, e o pagamento que dela decorre, apoiam-se, assim, em uma narrativa produzida por quem tem interesse direto no seu conteúdo. Enquanto a Administração não dispõe de meios independentes, contínuos e auditáveis para conhecer o estado dos ativos, a contratada detém vantagem informacional sobre a efetiva realização das rotinas, a necessidade das intervenções, a origem das falhas e a qualidade dos reparos.

Há, portanto, uma distância silenciosa entre a realidade operacional e a sua representação documental. O documento registra que algo foi feito; não demonstra, necessariamente, que o equipamento funciona, que a falha foi corrigida ou que a rotina preventiva efetivamente ocorreu. A Administração Pública não contrata relatórios de manutenção, mas a preservação da funcionalidade, da segurança, da salubridade, da disponibilidade e da eficiência dos ativos necessários à prestação dos serviços públicos. Quando o objeto real da contratação é a condição do ativo e a prova disponível é apenas o relato do contratado, a fiscalização opera sobre uma realidade que não consegue enxergar.

A questão de pesquisa que orienta este artigo pode ser assim formulada: em que medida a incorporação de automação predial, telemetria, Internet das Coisas e detecção contínua de falhas aos contratos públicos de manutenção de climatização pode reduzir a assimetria informacional e o risco de comportamento oportunista, sem comprometer a legalidade da

medição e do pagamento, a segurança dos dados, a adequada alocação de riscos e a responsabilidade decisória dos agentes públicos?

A hipótese sustentada é a de que a manutenção somente se torna efetivamente verificável quando o próprio contrato passa a produzir dados independentes, contínuos, auditáveis e tecnicamente interpretáveis sobre a condição e o desempenho dos ativos. A tecnologia não é tratada como acessório adicionado a um modelo contratual inalterado, mas como infraestrutura informacional da contratação. Dela depende a própria possibilidade de que instrumentos jurídicos consagrados operem sobre uma realidade conhecida, e não sobre uma ficção documental.

O objetivo geral é demonstrar que o problema central da manutenção pública brasileira não se resume à ausência de indicadores, cláusulas ou fiscais, mas à tentativa de fiscalizar ativos tecnologicamente complexos por meio de uma estrutura informacional concebida para outra realidade. Como objetivos específicos, o artigo examina os efeitos da prova exclusivamente documental nos contratos de manutenção, reconstrói o problema, sem esgotá-lo, a partir da economia da informação e da teoria dos contratos incompletos e investiga o que as pesquisas desenvolvidas no ecossistema do Massachusetts Institute of Technology efetivamente demonstram sobre a capacidade de tornar a operação desses sistemas observável e as suas falhas verificáveis. Na sequência, analisa de que modo a Internet das Coisas e a inteligência artificial podem operar como infraestrutura informacional da contratação, apta a converter aquilo que hoje é apenas declarado em evidência auditável, e discute como dados confiáveis podem sustentar incentivos contratuais mais eficientes. Por fim, o estudo delimita o tratamento jurídico conferido à matéria pela Lei nº 14.133/2021 e identifica os limites e as condições de legitimidade necessários para que a inovação seja incorporada de forma responsável às contratações públicas brasileiras.

A pesquisa adota abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, com emprego dos métodos bibliográfico, documental e jurídico-dogmático, apoiados instrumentalmente na Análise Econômica do Direito. O corpus reúne a Lei nº 14.133/2021 e normas correlatas, orientações do Tribunal de Contas da União, documentos do Tribunal de Justiça da Bahia, literatura sobre economia da informação e teoria econômica dos contratos e estudos técnicos vinculados ao Massachusetts Institute of Technology sobre automação predial e detecção de falhas em sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado, internacionalmente conhecidos pela sigla HVAC. Não se pretende demonstrar que o MIT adota determinado modelo de contratação, tampouco que realiza glosas algorítmicas em contratos terceirizados,

pois não foram localizadas fontes primárias que sustentem tais afirmações; o que as pesquisas vinculadas à instituição demonstram é a viabilidade técnica de tornar a operação de sistemas HVAC observável e as falhas verificáveis. A contribuição do exemplo é, portanto, tecnológica e metodológica, e não a importação de um suposto modelo institucional.

2. DA MANUTENÇÃO DOCUMENTADA À CRISE DE VERIFICABILIDADE

O desenho tradicional da fiscalização contratual foi concebido para objetos cuja execução é diretamente observável. Quando a Administração adquire um bem, o recebimento permite conferir o produto; quando contrata uma obra, a medição acompanha o avanço físico visível. A manutenção de sistemas de climatização escapa a essa lógica. Seu objeto não é um bem entregue em momento determinado, mas a preservação continuada de uma condição, qual seja, a disponibilidade, o desempenho e a salubridade de equipamentos que operam ininterruptamente e se degradam de modo gradual e, muitas vezes, invisível.

Nesse ambiente, a prova documental cumpre função necessária, porém limitada. A ordem de serviço demonstra que uma visita foi agendada; a folha de ponto, que trabalhadores estiveram no local; o relatório, que a empresa afirma ter executado determinada rotina. Nenhum desses documentos demonstra, por si só, que o filtro foi efetivamente substituído, que o gás refrigerante não apresenta microvazamento, que o compressor opera dentro de sua curva de eficiência ou que a intervenção declarada corresponde à intervenção realizada. O documento é um registro de esforço alegado, não uma evidência do estado do ativo.

A fiscalização tradicional agrava esse descompasso por sua natureza episódica, uma vez que o fiscal é responsável pelo acompanhamento de dezenas, ou até centenas, de equipamentos distribuídos entre diferentes unidades, e nem sempre está presente em todas as intervenções, sendo praticamente impossível inspecionar fisicamente cada máquina com a frequência necessária. Sua atuação concentra-se em momentos pontuais e, com frequência, reativos, entre eles, a verificação do equipamento quando ele já falhou, quando o ambiente já se tornou desconfortável ou quando um chamado expõe a irregularidade. Entre um evento e outro, a Administração conhece a execução apenas pela versão que a contratada lhe apresenta.

Levantamentos internacionais sobre a incidência de falhas em sistemas de climatização evidenciam a dimensão do problema. Inspeções de campo em milhares de equipamentos revelaram que parcela expressiva das unidades residenciais e comerciais operava com falhas que demandavam reparo, muitas delas silenciosas do ponto de vista do usuário, degradações que reduzem a eficiência e a vida útil sem provocar interrupção perceptível (KATIPAMULA;

BRAMBLEY, 2005). São precisamente as falhas que não se manifestam como pane visível que escapam ao controle documental e episódico, porque não geram o evento que provocaria a inspeção.

A soma desses fatores produz o que se pode denominar crise de verificabilidade. Não se trata de ausência de documentos, ao contrário, o processo administrativo costuma estar repleto deles, mas da atribuição, ao documento isolado, de um poder probatório que ele não possui. Quando o pagamento se desvincula do funcionamento real do ativo e se prende à mera simulação documental do esforço, a fraude deixa de ser uma falha individual e passa a ser um resultado economicamente previsível da própria estrutura de incentivos. A resposta mais comum a esse problema tem sido ampliar o número de formulários, relatórios, listas de verificação e assinaturas. Essa estratégia, porém, não alcança a origem da dificuldade, pois apenas acrescenta novas camadas de registros declaratórios, sem aumentar, de fato, a capacidade de acompanhar e observar a execução contratual. Superar essa crise exige mais do que produzir e armazenar documentos em meio digital, pressupõe repensar a própria arquitetura informacional do contrato, para que a execução possa ser acompanhada com base em dados mais confiáveis, tempestivos e verificáveis.

3. ASSIMETRIA INFORMACIONAL, CONTRATOS INCOMPLETOS E INCENTIVOS

3.1 Da informação imperfeita ao risco moral

A economia da informação parte da constatação de que o conhecimento relevante para as decisões não se distribui igualmente entre os agentes. Hayek (1945) demonstrou que as informações estão dispersas e fragmentadas, conhecidas apenas por determinados participantes. Akerlof (1970), ao examinar mercados em que o vendedor conhece melhor a qualidade do bem do que o comprador, revelou como a incerteza qualitativa pode expulsar boas ofertas e produzir seleção adversa. Spence (1973) e Stiglitz (2000) desenvolveram mecanismos de sinalização e de seleção destinados a reduzir a assimetria.

Nas contratações públicas, a assimetria manifesta-se antes e depois da celebração do contrato. Na seleção, a Administração não conhece integralmente a estrutura de custos, a capacidade operacional e a confiabilidade de cada licitante. Durante a execução contratual, o problema se desloca para as ações não observáveis pelo contratante, é a contratada que tem o domínio sobre quais rotinas realizou, quais peças substituiu e se a solução aplicada foi adequada, enquanto o contratante apenas depreende que o serviço foi executado com base em

documentos que nem sempre representam a realidade. A seleção adversa refere-se ao risco de escolha inadequada decorrente de informação oculta anterior à contratação; o risco moral incide sobre condutas posteriores, quando uma parte pode alterar seu comportamento porque a outra não consegue monitorá-lo plenamente. Em contratos de manutenção, o risco moral surge quando a remuneração não varia com a qualidade do resultado, quando as falhas são difíceis de atribuir ou quando a medição se baseia exclusivamente em documentos produzidos pela própria prestadora.

Nóbrega e Jurubeba (2020) observam que a licitação deve ser compreendida como mecanismo de revelação de informações e que um desenho inadequado pode conduzir a resultados ineficientes, independentemente da existência de corrupção. Camelo, Nóbrega e Torres (2022) acrescentam que a assimetria informacional está presente na relação entre Administração e licitantes e, na execução, conecta-se ao problema do risco moral. A perspectiva desloca o debate da culpa individual para o exame da estrutura de incentivos, sem naturalizar a fraude nem reduzir o ilícito a simples resposta econômica. Nela a responsabilidade individual permanece íntegra, e a análise cumpre função distinta, a de identificar as condições institucionais que tornam a conduta oportunista mais fácil ou menos detectável.

3.2 Contratos incompletos: da informação assimétrica à informação não verificável

Coase (1937) demonstrou que as transações não são gratuitas e Williamson (1985) relacionou racionalidade limitada, oportunismo e especificidade dos ativos, evidenciando que os contratos são inevitavelmente incompletos. A literatura sobre assimetria informacional, contudo, explica por que uma das partes sabe mais do que a outra, mas não esclarece, isoladamente, por que esse conhecimento frequentemente não produz consequência jurídica. Para compreendê-lo é necessário recorrer à teoria dos contratos incompletos, desenvolvida a partir de Grossman e O. Hart (1986) e de O. Hart e Moore (1988), que introduz uma distinção pouco explorada no direito administrativo brasileiro e decisiva para o problema aqui examinado.

Essa literatura separa três estados possíveis de uma informação. Ela pode ser desconhecida de ambas as partes; observável por elas, mas não demonstrável perante um terceiro; ou verificável, isto é, passível de comprovação diante de quem decide, seja um juiz, um tribunal de contas ou uma autoridade administrativa. Apenas o terceiro estado sustenta obrigação exigível. Uma cláusula que dependa de informação meramente observável é, na prática, inexecutável, pois as partes sabem o que ocorreu, mas nenhuma delas consegue prová-

lo em foro externo. O contrato torna-se incompleto não por descuido do redator, mas por limite estrutural da prova.

A manutenção predial de climatização situa-se, quase integralmente, nesse segundo estado. O encarregado da empresa sabe se a limpeza do evaporador foi efetivamente executada ou apenas anotada, o fiscal, muitas vezes, também desconfia, mas nenhum dos dois consegue demonstrá-lo meses depois, diante do controle interno, a partir de uma ordem de serviço assinada. É indiscutível que a informação existe, o que falta é o suporte que a converta em prova. É esse vazio, e não a ausência de norma ou a presunção de má-fé dos atores da contratação, que explica a resiliência do modelo documental. A consequência dogmática inverte o argumento corrente, pois costuma-se dizer que a tecnologia interessa ao contrato porque produz mais informação, mas a proposição é imprecisa. O que a telemetria¹ e o sistema de detecção de falhas efetivamente fazem é deslocar informação da segunda categoria para a terceira, convertendo o antes observável em um produto efetivamente verificável. O ganho não é epistêmico, é probatório, e é justamente esse deslocamento que torna juridicamente viável aquilo que a lei autoriza, mas raramente se implementa, pois, uma fórmula de remuneração por desempenho, sem dado verificável que a alimente, é cláusula sem consequência ou, pior, cláusula arbitrária.

Bajari e Tadelis (2001) acrescentam a razão pela qual a Administração persiste no arranjo menos eficiente. Quando o objeto é de difícil especificação, o contrato de resultado exige investimento prévio elevado em desenho, medição e definição de indicadores, ao passo que o contrato por esforço, que remunera a equipe alocada ou a visita realizada, é mais barato de redigir e de fiscalizar no curto prazo. A opção pelo modelo documental não é, portanto, mero atraso cultural, trata-se, sobretudo, de resposta racional a custos de transação, que só se altera quando o custo de verificar cai o suficiente para inverter a comparação. Esse é o sentido econômico preciso da inovação tecnológica aqui discutida, ela não substitui a decisão administrativa, mas redefine o que é contratável ao reduzir o custo da prova.

3.3 O horizonte decenal e a não ergodicidade do parque instalado

A Lei nº 14.133/2021 autoriza contratos de serviços contínuos com prazo de até cinco anos (art. 106) e admite prorrogações sucessivas, respeitada a vigência máxima decenal (art.

¹ Telemetria é a tecnologia que permite coletar, registrar e transmitir remotamente dados sobre o funcionamento de equipamentos. No contexto do artigo, sua relevância está em transformar eventos da execução contratual em informações objetivas, rastreáveis e potencialmente verificáveis pela fiscalização.

107). A ampliação do horizonte temporal, celebrada como avanço de eficiência, alonga o período durante o qual a Administração precisa manter juízo informado sobre um patrimônio que se degrada continuamente. Loureiro e Nóbrega (2021) demonstram, no exame dos contratos de concessão, que arranjos de longa duração operam em ambiente não ergódico, pois em sistemas ergódicos, a média histórica é estimador confiável do comportamento futuro; contratos administrativos de longo prazo não satisfazem essa condição, de modo que a equação inicial funciona apenas como âncora teórica, sendo provavelmente impossível o retorno ao momento de origem.

A transposição para a manutenção predial é direta. O histórico de falhas de um chiller² nos três primeiros anos não prevê seu comportamento no oitavo, sob regime de uso alterado, carga térmica distinta, componentes substituídos e condições climáticas deslocadas. A linha de base levantada na fase preparatória envelhece, e envelhece assimetricamente, porque quem opera o equipamento acompanha essa deriva diariamente, enquanto quem paga a fatura a conhece por relatório periódico. A assimetria informacional, nesses contratos, não é um estado inicial a ser corrigido na contratação, é um processo que se aprofunda com o tempo. Ao autorizar o vínculo decenal (arts. 106 e 107) sem ampliar, na mesma medida, o instrumental cognitivo da Administração, o legislador cobrou em capacidade de verificação aquilo que permitiu em prazo, exigência que não se satisfaz por reforço da fiscalização tradicional, mas pela produção contínua de informação verificável ao longo da vigência.

3.4 O risco da métrica única: o problema multitarefa

Uma advertência teórica deve preceder qualquer entusiasmo com indicadores. Holmström e Milgrom (1991) demonstraram que, quando o agente executa múltiplas tarefas e apenas parte delas é mensurável, vincular a remuneração às dimensões medidas desloca esforço para longe das não medidas, dessa forma o incentivo não apenas premia o que se mede, ele penaliza o que não se mede. A manutenção de climatização é caso exemplar. Um contrato que remunerar exclusivamente por eficiência energética cria incentivo para operar o sistema com renovação de ar reduzida, comprometendo a qualidade do ar interior sem violar nenhum indicador; um contrato que remunerar apenas por disponibilidade cria incentivo para o reparo paliativo, que restabelece o funcionamento e adia a intervenção estrutural para além do prazo

² Chiller é um equipamento de climatização de grande porte destinado ao resfriamento de água, que circula pelo sistema para retirar calor dos ambientes ou de processos industriais. Em edifícios públicos, hospitais e instalações de maior porte, integra sistemas centrais de ar-condicionado e demanda acompanhamento contínuo de parâmetros como temperatura, pressão, consumo de energia, vibração e desempenho operacional.

de vigência. Em ambos os casos, a contratada cumpre o contrato e frustra o seu objeto. A conclusão não é contra a mensuração, mas contra a métrica única, porque o desenho deve combinar indicadores de dimensões concorrentes, disponibilidade, desempenho energético, qualidade do ar e reincidência de falhas, de modo que a otimização de um não se faça à custa dos demais.

4. O QUE AS PESQUISAS DO ECOSISTEMA DO MIT EFETIVAMENTE DEMONSTRAM

O recurso ao Massachusetts Institute of Technology, neste artigo, não se destina a importar um modelo contratual, mas a examinar uma linha de pesquisa que enfrenta, no plano técnico, precisamente o problema que o direito administrativo brasileiro enfrenta no plano jurídico: como conhecer o estado real de um sistema de climatização sem depender de inspeção humana permanente nem de relatos produzidos pelo próprio operador? Antes de qualquer análise, impõe-se um limite metodológico. As fontes localizadas demonstram pesquisas de autores vinculados à instituição e tecnologias testadas em edifícios e laboratórios; não sustentam a existência de um modelo institucional de contratação por desempenho, de glosa algorítmica ou de remuneração de terceirizados calculada por inteligência artificial. Toda referência ao MIT, aqui, diz respeito a capacidades tecnológicas demonstradas pela literatura vinculada ao seu ecossistema, e não a práticas contratuais da instituição.

4.1 Monitoramento não intrusivo de cargas elétricas

A contribuição mais distintiva dessa linha de pesquisa reside no monitoramento não intrusivo de cargas elétricas, conhecido pela sigla NILM³. A técnica, cujas bases foram estabelecidas por G. Hart (1992), parte de uma observação simples, em vez de instalar arranjos extensos de sensores mecânicos em cada componente, mede-se a corrente e a tensão em um ponto de interface elétrica e, a partir da análise detalhada dessa forma de onda, infere-se quais equipamentos estão em operação, quando ligam e desligam e quanto consomem. Norford e Leeb (1996) estenderam a abordagem a edifícios comerciais, combinando algoritmos de

³ NILM é a sigla de *Non-Intrusive Load Monitoring*, em português, monitoramento não intrusivo de cargas elétricas. A técnica permite estimar o consumo e identificar o funcionamento de equipamentos individualmente a partir da medição agregada de energia realizada em um único ponto, sem a necessidade de instalar sensores em cada aparelho.

detecção de regime permanente e de transientes para identificar cargas a partir de suas assinaturas elétricas.

Aplicada a sistemas HVAC⁴, essa capacidade converte-se em ferramenta de detecção e diagnóstico de falhas. Shaw, Norford, Luo e Leeb (2002) demonstraram que dados de potência elétrica, historicamente ignorados na fiscalização de equipamentos porque medidores raramente são instalados em cargas individuais, permitem detectar e diagnosticar diversas falhas em unidades de tratamento de ar. Os autores compararam duas técnicas, uma baseada em correlações entre potência elétrica e variáveis exógenas, como vazão de ar e rotação do motor, e outra baseada em medição centralizada de alta velocidade, avaliando as situações em que cada uma se aplica. A relevância para o problema jurídico é direta, a falha passa a ser identificada a partir de um dado independente do relato da contratada, coletado no ponto elétrico e não na palavra do operador.

Trabalhos subsequentes do mesmo grupo aprofundaram a técnica. Armstrong, Laughman, Leeb e Norford (2006) demonstraram a detecção de falhas em unidades de refrigeração de cobertura a partir de medições elétricas, e Shaw, Leeb, Norford e Cox (2008) consolidaram o monitoramento não intrusivo e o diagnóstico em sistemas de potência, mostrando que a assinatura elétrica de um equipamento carrega informação sobre o seu estado mecânico. A lógica técnica pode ser resumida em uma sequência: (i) coletam-se corrente e tensão em um ponto de medição; (ii) extraem-se assinaturas que caracterizam o funcionamento normal de cada carga; (iii) comparam-se as assinaturas observadas com os padrões esperados, e; (iv) sinalizam-se desvios que indicam degradação incipiente, um compressor que passa a demandar mais corrente para entregar o mesmo resfriamento, um ciclo de acionamento anômalo, um vazamento que altera o comportamento de partida. A vantagem do método, para o contexto de fiscalização, é operar com um número reduzido de sensores confiáveis, em lugar de arranjos mecânicos numerosos e sujeitos a falha própria.

4.2 Detecção de falhas e mensuração de economias em edifícios reais

Uma segunda linha, complementar, ocupa-se de quantificar o impacto energético das falhas e de medir a economia associada à sua correção. Dahan (2018), em pesquisa

⁴ HVAC é a sigla de *Heating, Ventilation and Air Conditioning*, em português, aquecimento, ventilação e ar-condicionado. A expressão designa o conjunto de sistemas responsáveis pelo controle da temperatura, da circulação e da qualidade do ar em ambientes internos.

desenvolvida no Center for Energy and Environmental Policy Research do MIT⁵, enfrentou uma lacuna reconhecida na literatura, a saber, embora sistemas de detecção e diagnóstico de falhas possam monitorar continuamente equipamentos HVAC e identificar defeitos à medida que ocorrem, em vez de deixá-los passar despercebidos por anos, gerando desperdício, havia poucos estudos que avaliassem esses sistemas em edifícios reais e calculassem seu impacto energético efetivo.

O método é ilustrativo do que a tecnologia permite. A autora utilizou dados de consumo em intervalos de quinze minutos de eletricidade, água gelada e vapor, coletados ao longo de vários anos em quatro edifícios de campus, e aplicou algoritmos de aprendizado de máquina, modelos de regressão regularizada, para estimar o consumo contrafactual, isto é, quanto o edifício teria consumido na ausência da falha. Ao comparar esse contrafactual com o consumo observado em oito períodos nos quais o sistema de detecção havia identificado defeitos, tornou-se possível isolar o impacto energético de cada falha. A autora relata que os modelos foram capazes de isolar o aumento de consumo associado às falhas, com graus distintos de confiança, e que os desvios se manifestaram de forma consistente no perfil de carga diária após a ocorrência do defeito.

Dois aspectos desse estudo merecem registro pela sua honestidade metodológica. Primeiro, a autora reconhece expressamente a escassez de pesquisas que avaliem sistemas de detecção de falhas em edifícios reais, e apresenta seu trabalho como contribuição a ser estendida a mais edifícios e a diferentes tipos de sistema, não como demonstração conclusiva. Segundo, distingue com clareza o papel de cada componente. O sistema de detecção identificou as falhas, já a modelagem estatística mensurou o seu impacto energético. Não se trata de um sistema que decide, mas de um sistema que observa e mede, cabendo a interpretação a etapa posterior. Essa distinção, entre detectar, mensurar e decidir, é exatamente a que o direito administrativo precisa preservar.

⁵ O *Center for Energy and Environmental Policy Research* (CEEPR), em tradução livre, Centro de Pesquisa em Política Energética e Ambiental, é uma unidade de pesquisa do Massachusetts Institute of Technology (MIT), criada em 1977 e dedicada a estudos empíricos e interdisciplinares sobre energia, mercados energéticos e políticas ambientais, com foco no aprimoramento das decisões dos setores público e privado. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. *Center for Energy and Environmental Policy Research: About*. Cambridge, MA: MIT, [s. d.]. Disponível em: <https://ceepr.mit.edu/about/>. Acesso em: 25 jul. 2026.

4.3 O que se aprende, e o que não se pode afirmar

A resposta à pergunta sobre o que o ecossistema do MIT ensina não é, portanto, a de que existe um modelo de contratação a ser copiado. É mais precisa e, por isso, mais útil. A literatura vinculada à instituição demonstra que é tecnicamente viável tornar a operação de sistemas HVAC observável e as suas falhas verificáveis a partir de dados independentes, sobretudo elétricos e de consumo, coletados de forma contínua e com um número gerenciável de sensores confiáveis. Demonstra, ainda, que essa observação pode ser convertida em mensuração, permitindo estimar o impacto de uma falha em vez de apenas registrar a sua ocorrência. São capacidades que respondem diretamente à crise de verificabilidade descrita neste artigo.

Não se pode, contudo, extrair dessas fontes conclusões que elas não sustentam. Viabilidade tecnológica não equivale a viabilidade contratual. Um estudo conduzido em quatro edifícios de campus não demonstra desempenho universal, assim como a detecção de uma anomalia não comprova, por si só, o inadimplemento de uma obrigação contratual. Confundir monitoramento com decisão, indicador com evidência ou correlação com causalidade seria repetir, em sentido inverso, o erro do usual modelo documental, substituir a ficção do relatório pela ficção do algoritmo.

A contribuição do exemplo está em demonstrar que a capacidade de enxergar a execução já existe e ainda não foi incorporada, com o devido rigor, aos contratos públicos brasileiros.

5. DA INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA AO DESENHO DE INCENTIVOS CONTRATUAIS

O que as pesquisas do MIT demonstram em uma linha específica, a elétrica, insere-se em um movimento tecnológico mais amplo, no qual a Internet das Coisas e a inteligência artificial se combinam para transformar sistemas prediais em fontes contínuas de dados sobre o seu próprio funcionamento. A Internet das Coisas, no contexto da climatização, consiste na conexão de ativos físicos, sensores, controladores, medidores e plataformas de gestão predial, de modo que temperatura, umidade, pressão, vazão, consumo de energia, vibração, corrente elétrica, ciclos de acionamento, tempo de operação, alarmes e indisponibilidades deixem de ser grandezas conhecidas apenas no momento de uma inspeção e passem a ser registradas de forma

ininterrupta. Os sistemas de automação predial e de gestão predial, designados pelas siglas BAS e BMS⁶, cumprem a função de coletar e integrar esses fluxos.

Sobre esses dados, técnicas de detecção e diagnóstico automatizados de falhas identificam desvios em relação ao comportamento esperado. A literatura de referência classifica esses métodos em duas grandes famílias, os baseados em modelos e os baseados em histórico de processo (KATIPAMULA; BRAMBLEY, 2005), e a padronização técnica já incorporou a exigência de que as próprias sequências de operação dos sistemas HVAC sejam concebidas para permitir detecção de falhas em tempo real, como fez a ASHRAE ao publicar a Guideline 36 (ASHRAE, 2018). Nesse arranjo, a inteligência artificial analisa os dados coletados para identificar anomalias, comparar o funcionamento atual dos equipamentos com o seu histórico e reconhecer sinais de desgaste ou degradação. Também pode detectar consumos incompatíveis com a carga de trabalho, sinalizar divergências entre as intervenções declaradas pela contratada e o comportamento efetivo do ativo, além de auxiliar na definição das inspeções prioritárias, conforme a condição real de cada equipamento.

A alteração que essa infraestrutura produz na fiscalização é de natureza, não de grau. A fiscalização deixa de ser declaratória e retrospectiva, apoiada apenas no que a contratada relata sobre o que já ocorreu, e passa a ser contínua e orientada por exceções, uma vez que o sistema observa permanentemente e convoca a atenção humana quando surge um padrão anômalo. De forma mais assertiva, o fiscal concentra-se nos desvios sinalizados, com base em dados que sustentam a análise. A tese, contudo, não é a de que o algoritmo decide. É a de que a tecnologia oferece à Administração a capacidade de observar e compreender uma execução que hoje conhece, predominantemente, por relatos produzidos pela própria contratada.

Essa capacidade não é infalível, e apresentá-la como tal comprometeria o rigor da análise. Sua confiabilidade depende da qualidade e da representatividade dos dados, da existência de uma linha de base contra a qual os desvios são medidos, da calibração periódica dos sensores e da explicabilidade dos diagnósticos, sem a qual uma medição não pode ser contestada. Há riscos de falsos positivos, que oneram a Administração com inspeções

⁶ BAS é a sigla de *Building Automation System* - Sistema de Automação Predial - e designa o conjunto de tecnologias utilizadas para monitorar e controlar, de forma centralizada, sistemas como climatização, iluminação, segurança e consumo de energia. BMS corresponde a *Building Management System* - Sistema de Gestão Predial, plataforma de escopo mais amplo, capaz de integrar e coordenar diferentes sistemas e tecnologias da edificação. Embora as expressões sejam frequentemente utilizadas como equivalentes, o BAS costuma estar relacionado à automação e ao controle operacional, enquanto o BMS abrange a gestão integrada do edifício. Fonte: BELCIC, Ivan; SMALLEY, Ian. *O que é automação predial?* IBM, 17 mar. 2026. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/building-automation>. Acesso em: 25 jul. 2026.

desnecessárias, e de falsos negativos, que deixam passar falhas reais. Acrescem-se questões de segurança cibernética, de dependência de fornecedores, de interoperabilidade entre sistemas e de propriedade e portabilidade dos dados, pontos que serão retomados adiante. O reconhecimento franco desses limites não enfraquece a tese, apenas delimita as condições sob as quais a tecnologia efetivamente cumpre a função de tornar a execução verificável.

Essa mesma capacidade de observação, contudo, tem alcance que ultrapassa a fiscalização. Ela altera a estrutura de incentivos do contrato antes mesmo da aplicação de qualquer glosa ou sanção. A análise econômica dos contratos ensina que o comportamento do agente responde à probabilidade de detecção do desvio e ao custo de prová-lo. Quando a execução se torna observável e verificável de forma contínua, o cálculo da contratada também é alterado. O comportamento oportunista torna-se mais arriscado, porque a distância entre o que se declara e o que efetivamente ocorre deixa de ser invisível.

Desse deslocamento decorre uma consequência frequentemente ignorada no debate brasileiro, que tende a associar tecnologia de fiscalização exclusivamente à punição. A produção de dados independentes não serve apenas para flagrar a contratada negligente, serve também para proteger a contratada eficiente. Sob o modelo documental, a boa empresa e a má empresa entregam o mesmo tipo de prova, relatórios e assinaturas, e tornam-se, aos olhos da Administração, indistinguíveis. Quando a execução passa a produzir dados verificáveis, a manutenção preventiva efetivamente realizada diferencia-se daquela apenas declarada, e a contratada que investe em qualidade e em tecnologia adquire meio objetivo de demonstrá-lo. A verificabilidade reduz disputas, confere objetividade à medição, permite reconhecer o desempenho superior e produz segurança para ambas as partes.

É sobre essa base, e apenas sobre ela, que os instrumentos jurídicos de remuneração por resultado adquirem sentido. Um indicador de disponibilidade, um percentual de glosa ou um bônus por desempenho pressupõem dado confiável que os alimente. Sem observabilidade, o indicador é uma promessa, a glosa se reveste de arbitrariedade contestável e o bônus, um custo sem contrapartida demonstrável. A ordem lógica, portanto, não pode ser invertida. Primeiro a infraestrutura informacional que torna a execução conhecível, depois o instrumento contratual que atribui consequências ao que se conhece. Inverter essa ordem, instituir remuneração variável sobre uma execução que a Administração continua a conhecer apenas por relatos, é transferir para uma fórmula matemática a mesma fragilidade probatória do modelo documental.

Por essa razão, este artigo não propõe percentuais de parcela fixa e variável nem fórmulas de repartição de ganhos. Tais definições dependem do objeto concreto, do parque

instalado, da criticidade dos ativos e de análise empírica que antecede a contratação, e enunciá-las em abstrato reproduziria o voluntarismo que se critica. O que a análise sustenta é anterior e mais fundamental, qualquer arranjo de incentivos só é juridicamente defensável e economicamente eficiente quando repousa sobre dados que a Administração possa observar, compreender e, se necessário, submeter a contestação.

6. A ABERTURA JURÍDICA DA LEI Nº 14.133/2021 À INOVAÇÃO

O argumento de que a Administração estaria juridicamente presa ao modelo documental não resiste ao exame da Lei nº 14.133/2021. Ao contrário, a lei deslocou o centro de gravidade da contratação para o planejamento e para os resultados. O art. 11 associa o processo licitatório à obtenção da proposta apta a gerar o resultado mais vantajoso, considerado o ciclo de vida do objeto, e inscreve entre os objetivos da licitação o incentivo à inovação e ao desenvolvimento nacional sustentável. O art. 18 exige fase preparatória compatível com o planejamento e determina que o estudo técnico preliminar evidencie o problema a ser resolvido e a sua melhor solução, avaliando alternativas. Em manutenção de climatização, é nessa fase que se decide, de forma motivada, entre pagar por equipe, por serviço, por disponibilidade ou por desempenho, e é nela que a incorporação de monitoramento digital encontra o seu fundamento.

A lei oferece, ainda, os instrumentos de medição e pagamento que permitem vincular a remuneração à qualidade efetivamente alcançada. O art. 6º, inciso XXIII, exige que o termo de referência contenha o modelo de execução, o modelo de gestão e os critérios de medição e de pagamento; o art. 144 autoriza, na contratação de obras, fornecimentos e serviços, remuneração variável vinculada ao desempenho, com base em metas, padrões de qualidade, critérios de sustentabilidade ambiental e prazos, respeitado o limite orçamentário e mediante motivação. Esses dispositivos não obrigam a Administração a permanecer no modelo declaratório; abrem-lhe caminho para modelos orientados a resultados, desde que amparados em critérios objetivos.

Duas figuras não devem ser confundidas com esse conjunto. O Instrumento de Medição de Resultado, tal como definido na regulamentação de serviços como mecanismo que estabelece, em bases compreensíveis e objetivamente observáveis, os níveis esperados de qualidade e as respectivas adequações de pagamento, é técnica de gestão que atribui consequências a indicadores previamente acordados. A retenção ou glosa dele decorrente exige parâmetros objetivos e distingue-se da sanção, na medida em que a adequação do pagamento à prestação entregue decorre da comutatividade contratual, ao passo que a sanção pressupõe infração, culpabilidade, instrução e contraditório. O contrato de eficiência, por sua vez, definido

no art. 6º, inciso LIII, e julgado pelo critério de maior retorno econômico do art. 39, é figura específica que pressupõe economia mensurável e remuneração fixada em percentual da economia efetivamente gerada. Nem todo contrato orientado a resultados é contrato de eficiência, e um contrato cujo objetivo principal seja a disponibilidade do parque, remunerado por preço sujeito a medição de desempenho, permanece contrato de serviços.

O ponto que este artigo enfatiza é de ordem, considerando que nenhum desses instrumentos cria, por si mesmo, a capacidade informacional de que depende. O Instrumento de Medição de Resultado atribui consequências a indicadores, mas não observa o equipamento nem produz o dado que comprova o que ocorreu. Um instrumento formalmente sofisticado, alimentado por registros autodeclarados, permanece materialmente frágil, pois reproduz a assimetria que pretende reduzir. O próprio Tribunal de Contas da União adverte que a presença do IMR não converte, por si, o ajuste em contrato de resultado (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2025). A retenção ou glosa dele decorrente exige parâmetros objetivos e distingue-se da sanção, orientação que a jurisprudência do Tribunal também reforça (BRASIL, Acórdão 717/2010-TCU-Plenário). Por sua vez, a matriz de riscos, admitida pelo art. 22, distribui responsabilidades e organiza respostas a eventos futuros, contribuindo para a precificação e para a redução de incertezas interpretativas. Ela, por si só, não monitora ativos, não detecta falhas, não identifica sua origem nem comprova a sua ocorrência. Alocar à contratada o risco de uma indisponibilidade que a Administração não consegue medir de forma independente pode produzir apenas uma aparência de racionalidade contratual. A matriz opera adequadamente quando a Administração dispõe de informação suficiente para identificar o evento, estabelecer a sua causa e relacioná-lo à parte responsável, precisamente o que a infraestrutura de monitoramento fornece.

Também o momento do pagamento reclama base informacional. O art. 117 incumbe o fiscal do acompanhamento e do registro das ocorrências, e o art. 140 disciplina o recebimento do objeto, já a liquidação da despesa exige a verificação do direito do credor com base em documentos comprobatórios. Dados eletrônicos podem integrar essa comprovação, desde que inteligíveis, preservados e vinculados às obrigações contratuais. Relevante, ainda, é a previsão do art. 117, § 4º, que admite a contratação de terceiro para assistir o fiscal e lhe impõe responsabilidade civil objetiva pela veracidade e precisão das informações prestadas. Essa é a via legal para introduzir um provedor independente de monitoramento, cujo dado não se confunde com o relato da contratada, sem criar figura estranha ao ordenamento. A segurança jurídica da inovação, portanto, não se constrói pela recusa do novo, mas por planejamento,

motivação, demonstração da necessidade, definição de responsabilidades, auditabilidade e supervisão humana. Diante de controles incapazes de demonstrar a realidade da execução, inovar com método pode ser juridicamente mais seguro do que conservar o modelo vigente.

7. LIMITES, RISCOS E CONDIÇÕES DE LEGITIMIDADE

A defesa da manutenção verificável não autoriza deslumbramento tecnológico. A incorporação de monitoramento digital introduz riscos próprios, cuja consideração é condição de legitimidade da própria inovação. O primeiro diz respeito à qualidade dos dados. Sensor descalibrado, série histórica insuficiente ou linha de base mal construída produzem diagnósticos incorretos; um sistema que sinaliza falhas inexistentes é tão pernicioso quanto a ausência de monitoramento, porque desloca esforço de fiscalização e mina a confiança na medição. A governança de dados, sua origem, integridade, preservação e forma de cálculo, deve constar do edital, sob pena de a glosa converter-se em caixa-preta inacessível à contratada e à própria Administração.

O segundo risco é a opacidade algorítmica. Uma medição que reduz pagamento deve ser explicável e contestável. A contratada tem o direito de compreender por que foi glosada e de questionar o diagnóstico. Modelos que não permitem reconstruir as razões essenciais da decisão são incompatíveis com o dever de motivação e com o contraditório. A esse risco somam-se a segurança cibernética, sistemas prediais conectados ampliam a superfície de ataque e exigem controles de acesso e proteção, também a proteção de dados pessoais, na medida em que registros associados a trabalhadores, geolocalização ou imagens atraem a incidência da Lei Geral de Proteção de Dados, ainda que a maior parte dos dados operacionais de equipamentos não tenha essa natureza.

O terceiro risco é a dependência tecnológica. A adoção de plataforma proprietária, sem garantia de interoperabilidade e de portabilidade dos dados, pode aprisionar a Administração a um fornecedor e transferir-lhe, na renovação contratual, o mesmo poder informacional que se pretendia neutralizar. A exigência de padrões abertos e a titularidade pública dos dados operacionais são, por isso, condições de eficácia do modelo, e não detalhes técnicos.

O limite final é o mais importante e delimita toda a proposta, uma vez que a decisão administrativa permanece humana. O sistema pode indicar que um equipamento permaneceu indisponível, que um alarme não foi atendido ou que o consumo se afastou do padrão, mas cabe à fiscalização verificar as causas, excluir eventos imputáveis à Administração, solicitar esclarecimentos e formalizar a medição. Detecção de anomalia não é comprovação de

inadimplemento, a automação da coleta de dados não é automação da decisão. O algoritmo não é sujeito da relação contratual, e a autoridade que reduz um pagamento deve ser capaz de compreender e sustentar as razões que a fundamentam. Portanto, a tecnologia não substitui o fiscal, é ferramenta que torna possível uma fiscalização que não dependa de uma onipresença humana inviável.

8. CONCLUSÃO

O problema dos contratos públicos de manutenção de climatização não reside na existência de documentos, mas na atribuição, ao documento isolado, de um poder probatório que ele não possui. Relatórios, ordens de serviço e assinaturas permanecem necessários; tornam-se insuficientes quando a Administração não consegue correlacioná-los ao estado efetivo dos ativos. A Operação Baixa Execução, ainda em plano investigativo, ilustra o risco de serviços constarem como realizados sem correspondência material, não como falência universal do modelo tradicional, mas como sintoma de uma estrutura informacional concebida para outra realidade.

A manutenção torna-se efetivamente verificável quando a modelagem de contratação passa a produzir dados independentes, contínuos e auditáveis sobre a condição e o desempenho dos ativos. As pesquisas do ecossistema do MIT demonstram que essa capacidade é tecnicamente real, uma vez que o monitoramento não intrusivo de cargas elétricas e a análise de dados de consumo tornam observáveis e mensuráveis falhas que o controle documental jamais alcançaria. Não há base, contudo, para apresentar o MIT como titular de um modelo contratual comprovado, e a precisão científica exige preservar essa fronteira.

O Instrumento de Medição de Resultado e a matriz de riscos são instrumentos jurídicos úteis, porém subordinados. O primeiro atribui consequências a indicadores, mas não cria o desempenho, não observa o equipamento e não produz sozinho a prova do que ocorreu; a segunda distribui responsabilidades, mas não torna o risco observável nem comprova a sua ocorrência. Ambos operam adequadamente apenas quando apoiados por informação confiável, o que reposiciona a discussão, ao vislumbrar que a inovação relevante não está em digitalizar relatórios, mas em permitir que os próprios ativos produzam informação sobre o seu estado e desempenho.

A Lei nº 14.133/2021 oferece o fundamento necessário a essa transição, por meio do planejamento, da consideração do ciclo de vida, do incentivo à inovação, da remuneração variável vinculada ao desempenho e da possibilidade de introduzir provedores independentes

de informação. O obstáculo brasileiro não é jurídico, mas notadamente institucional. A inércia diante de controles retrospectivos e episódicos, sustentada por um receio de inovar que, paradoxalmente, conserva o modelo menos capaz de demonstrar a realidade da execução. A tecnologia necessária não pertence a um futuro distante, ela já existe e é madura. O que se exige da Administração brasileira é a coragem institucional, a capacidade técnica e a segurança jurídica, construída com planejamento, transparência, auditabilidade e supervisão humana, para incorporá-la às suas contratações. Inovar, aqui, não significa abandonar o Direito, mas utilizá-lo para que a Administração enxergue melhor aquilo que contrata, recebe e paga.

REFERÊNCIAS

AKERLOF, George A. **The market for "lemons": quality uncertainty and the market mechanism.** The Quarterly Journal of Economics, v. 84, n. 3, p. 488-500, 1970.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). Guideline 36: high-performance sequences of operation for HVAC systems. Atlanta: ASHRAE, 2018.

ARMSTRONG, Peter R.; LAUGHMAN, Christopher R.; LEEB, Steven B.; NORFORD, Leslie K. **Detection of rooftop cooling unit faults based on electrical measurements.** HVAC&R Research, v. 12, n. 1, p. 151-175, 2006.

BAJARI, Patrick; TADELIS, Steven. **Incentives versus transaction costs: a theory of procurement contracts.** The RAND Journal of Economics, v. 32, n. 3, p. 387-407, 2001.

BELCIC, Ivan; SMALLEY, Ian. **O que é automação predial?** IBM, 17 mar. 2026. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/building-automation>. Acesso em: 25 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 13.589, de 4 de janeiro de 2018. **Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes.** Brasília, DF: Presidência da República, 2018.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais.** Brasília, DF: Presidência da República, 2018.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. **Lei de Licitações e Contratos Administrativos.** Brasília, DF: Presidência da República, 2021.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão nº 717/2010, Plenário.** Brasília, DF: TCU, 7 abr. 2010.

CAMELO, Bradson; NÓBREGA, Marcos; TORRES, Ronny Charles Lopes de. **Análise econômica das licitações e contratos: de acordo com a Lei nº 14.133/2021.** Belo Horizonte: Fórum, 2022.

COASE, Ronald H. **The nature of the firm.** Economica, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937.

CORREIO. **Empresa é investigada por cobrar R\$ 2,9 milhões em contrato com TJ-BA e não realizar serviços.** Salvador, 14 ago. 2025. Disponível em: <https://www.correio24horas.com.br/bahia/empresa-e-investigada-por-cobrar-r-29-milhoes-em-contrato-com-tj-ba-e-nao-realizar-servicos-0825>. Acesso em: 24 jul. 2026.

DAHAN, Danielle. **Evaluating the energy efficiency gap and measuring savings from fault detection and diagnostics.** MIT CEEPR Working Paper 2018-009. Cambridge: MIT Center for Energy and Environmental Policy Research, 2018. Disponível em: <https://ceepr.mit.edu/wp-content/uploads/2021/09/2018-009.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2026.

- GROSSMAN, Sanford J.; HART, Oliver D. **The costs and benefits of ownership: a theory of vertical and lateral integration.** Journal of Political Economy, v. 94, n. 4, p. 691-719, 1986.
- HART, George W. **Nonintrusive appliance load monitoring.** Proceedings of the IEEE, v. 80, n. 12, p. 1870-1891, 1992.
- HART, Oliver D.; MOORE, John. **Incomplete contracts and renegotiation.** Econometrica, v. 56, n. 4, p. 755-785, 1988.
- HAYEK, Friedrich A. **The use of knowledge in society.** The American Economic Review, v. 35, n. 4, p. 519-530, 1945.
- HOLMSTRÖM, Bengt; MILGROM, Paul. **Multitask principal-agent analyses: incentive contracts, asset ownership, and job design.** Journal of Law, Economics, and Organization, v. 7, special issue, p. 24-52, 1991.
- KATIPAMULA, Srinivas; BRAMBLEY, Michael R. **Methods for fault detection, diagnostics, and prognostics for building systems: a review, part I.** HVAC&R Research, v. 11, n. 1, p. 3-25, 2005.
- LOUREIRO, Gustavo Kaercher; NÓBREGA, Marcos. **Equilíbrio econômico-financeiro de concessões à luz de um exame de caso: incompletude contratual, não ergodicidade e incerteza estratégica.** Revista Brasileira de Direito Público – RBDP, Belo Horizonte, ano 19, n. 75, p. 73-119, out./dez. 2021.
- MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. **Center for Energy and Environmental Policy Research: About.** Cambridge, MA: MIT, [s. d.]. Disponível em: <https://ceepr.mit.edu/about/>. Acesso em: 25 jul. 2026.
- NÓBREGA, Marcos; JURUBEBA, Diego Franco de Araújo. **Assimetrias de informação na nova Lei de Licitação e o problema da seleção adversa.** Revista Brasileira de Direito Público, Belo Horizonte, ano 18, n. 69, p. 9-32, abr./jun. 2020.
- NORFORD, Leslie K.; LEEB, Steven B. **Non-intrusive electrical load monitoring in commercial buildings based on steady-state and transient load-detection algorithms.** Energy and Buildings, v. 24, n. 1, p. 51-64, 1996.
- SHAW, Steven R.; NORFORD, Leslie K.; LUO, Dong; LEEB, Steven B. **Detection and diagnosis of HVAC faults via electrical load monitoring.** HVAC&R Research, v. 8, n. 1, p. 13-40, 2002.
- SHAW, Steven R.; LEEB, Steven B.; NORFORD, Leslie K.; COX, Robert W. **Nonintrusive load monitoring and diagnostics in power systems.** IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, v. 57, n. 7, p. 1445-1454, 2008.
- SPENCE, Michael. **Job market signaling.** The Quarterly Journal of Economics, v. 87, n. 3, p. 355-374, 1973.

STIGLITZ, Joseph E. **The contributions of the economics of information to twentieth century economics.** The Quarterly Journal of Economics, v. 115, n. 4, p. 1441-1478, 2000.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. 4.3.7. **CrITÉrios de medição e de pagamento. In: Licitações e contratos: orientações e jurisprudência do TCU.** Brasília, DF: TCU, 2025. Disponível em: <https://licitacoescontratos.tcu.gov.br/4-3-7-criterios-de-medicao-e-de-pagamento-2/>. Acesso em: 25 jul. 2026.

WILLIAMSON, Oliver E. **The economic institutions of capitalism: firms, markets, relational contracting.** New York: Free Press, 1985.