

# Um estudo comparativo entre modelos de utilização de equipamentos de tecnologia da informação para práticas em laboratórios de computação

*A comparative study between models for practical computer teaching laboratory*

Rafael de Magalhães Dias Frinhani<sup>1</sup>, Adriana Prest Mattedi<sup>2</sup>, Rarish Costa Souza<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UUniversidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0664-7430>

<sup>2</sup> Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4605-9134>

<sup>3</sup> Grupo SOMA, Itajubá, MG, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0891-8038>

**Autor para correspondência/Mail to:** Rafael de Magalhães Dias Frinhani, frinhani@unifei.edu.br

**Recebido/Submitted:** 21 de setembro de 2022; **Aceito/Approved:** 12 de maio de 2023



Copyright © 2023 Frinhani, Mattedi & Souza. Todo o conteúdo da Revista (incluindo-se instruções, política editorial e modelos) está sob uma licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. Ao serem publicados por esta Revista, os artigos são de livre uso para compartilhar e adaptar e é preciso dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Mais informações em <http://revistas.ufpr.br/atoz/about/submissions#copyrightNotice>.

## Resumo

**Introdução:** Algumas instituições de ensino estruturam seus laboratórios de computação sem a elaboração de um estudo prévio de alternativas além do modelo baseado em compra dos equipamentos. A ausência desse estudo costuma causar um custo elevado que poderia ser evitado. Este trabalho apresenta um estudo comparativo entre quatro diferentes modelos de utilização de equipamentos de TI para práticas em laboratórios de computação em uma instituição pública de ensino superior, a partir de critérios técnicos e financeiros. **Método:** Foi realizado um estudo de caso em uma IES pública, cujos dados foram obtidos via questionários. A base de condução da pesquisa considerou as práticas de COBIT e ITIL. **Resultados:** Os resultados apontaram que, além de apresentar o custo mais baixo entre os quatro modelos estudados, a virtualização traz muita flexibilidade de configuração, pois, na gestão centralizada, é possível criar diferentes ambientes conforme necessidade das disciplinas. **Conclusão:** No ambiente estudado, o modelo de virtualização é o melhor tanto sob o ponto de vista técnico quanto financeiro para uma estrutura de laboratório de prática de ensino em computação.

**Palavras-chave:** Gestão; Governança; Tecnologia da Informação; Laboratórios de computação.

## Abstract

**Introduction:** Some educational institutions that have computer labs set up their labs without previously conducting a study of alternatives other than the model based on the purchase of equipment. The absence of this study usually causes high infrastructure costs that could be avoided. This work presents a comparative study between four different models of IT equipment in a public higher education institution, based on technical and financial criteria. **Method:** A case study was carried out in a public IES, whose data were obtained via questionnaires. The basis for conducting the research considered COBIT and ITIL practices. **Results:** The results showed that, in addition to having the lowest cost among the four models studied, virtualization brings a lot of flexibility in configuration, since in centralized management it is possible to create different environments according to the needs of the disciplines. **Conclusions:** The virtualization model is the best model both from a technical and financial point of view for a teaching practice laboratory structure in computing.

**Keywords:** Management; Governance; Information Technology; Computer labs.

## INTRODUÇÃO

Com o crescimento tecnológico, têm surgido cada vez mais cursos que fazem uso de laboratórios de computação. Normalmente, o modelo de instalação desses laboratórios prevê a compra de equipamentos, os quais possuem rápida depreciação e precisam de renovações periódicas para se manterem coerentes perante as exigências de ensino. Por sua vez, as restrições financeiras governamentais e o formato atual de aquisição das instituições públicas tornam cada vez mais difícil a renovação desse parque tecnológico. Junto a isso, muitas vezes, observa-se uma baixa aderência dessas instituições quanto às práticas de gestão e governança de TI, o que dificulta uma melhor adequação tecnológica e otimização dos custos para atender os requisitos didáticos dos cursos.

Atualmente, tem se destacado a tendência de a tecnologia surgir primeiro entre os consumidores (ou consumerização de TI), ocasionada pela maior facilidade de acesso e aquisição de dispositivos móveis (ex.: *smartphone*, *tablet*) e portáteis (p. ex.: *notebook*) pelo usuário (Silva & Maçada, 2012). Essa consumerização de TI, se combinada com práticas de BYOD (Traga seu próprio dispositivo – *Bring Your Own Device*), pode suprir as necessidades das instituições de ensino e pesquisa no que se refere à renovação dos seus recursos didáticos-tecnológicos. Para isso, é importante que essas instituições incentivem e disponibilizem uma infraestrutura adequada para que discentes e docentes façam uso de seu equipamento pessoal. Se assim for, este modelo poderia trazer redução de custos para as instituições e, ao mesmo tempo, possibilitar o aperfeiçoamento na qualidade do ensino.

Baseado no que foi discutido, o objetivo deste trabalho é analisar as implicações técnicas e financeiras relacionadas a modelos de disponibilização de equipamentos em laboratórios para ensino prático de computação em uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) com base em melhores práticas de Gestão e Governança de TI. Para isso, foi realizado um estudo de caso em laboratórios didáticos de computação (LDC) utilizados em cursos de graduação em Ciência da Computação e Sistemas de Informação.

## REVISÃO TEÓRICA

### Equipamentos para laboratórios de computação

As instituições de ensino têm tradicionalmente adotado *desktops* no arranjo de laboratórios de computação (Falvo, 2014). O equipamento é tipicamente configurado com um sistema *dual boot* (Linux e Windows), com *softwares* instalados conforme demanda dos docentes. Juntamente com os *desktops*, a adoção de servidores possibilita a criação de um ambiente que envolvem componentes remotos. A arquitetura cliente/servidor permite a realização de práticas com características mais próximas da realidade que o discente irá se deparar profissionalmente.

Para atender às diferentes exigências de recursos de cada *software*, é comum uma heterogeneidade de marcas e modelos, que de certo modo dificulta a gestão do parque computacional. Embora seja uma solução robusta, equipamentos físicos têm como desvantagem possuir um alto custo total de propriedade (*Total Cost of Ownership*, TCO), além de rápida depreciação em decorrência do uso frequente e das evoluções tecnológicas (Provenzi, 2012). A obsolescência em curto prazo torna desafiadora a tarefa de manter o parque tecnológico atualizado. No que tange aos custos operacionais, o consumo de energia de um *desktop* típico é de aproximadamente 200 Watts/hora e o calor dissipado contribui para o aumento de temperatura do ambiente, gerando também maiores despesas com climatização.

Na busca pela sustentabilidade, as soluções baseadas na virtualização têm se mostrado atraentes ao permitir que um único equipamento físico combine ou fracione recursos de computação para disponibilizar ambientes lógicos, heterogêneos e autônomos (Chiueh & Brook, 2005). O uso da virtualização veio da necessidade de redução do consumo de energia, da falta de espaço das salas de equipamentos e para obter uma infraestrutura mais flexível para mudanças e atualizações (Laureano e Maziero, 2008; Yaquib, 2012). De uma maneira geral, a virtualização é constituída de um *hardware* e por componentes de *software*, máquinas virtuais (MV) e hipervisor (Portnoy, 2012). As MV podem virtualizar todos os recursos de *hardware* (ex. processadores, memória, armazenamento, rede) e o hipervisor, também conhecido por monitor de máquinas virtuais (MVV), fornece o ambiente no qual as MVs operam. Os hipervisores de tipo 1 (*bare metal*) são executados diretamente no *hardware* do host e os de tipo 2 (hospedados) são executados como uma camada de *software* em um sistema operacional.

Existem diferentes tipos de virtualização, sendo que, no contexto de laboratórios de computação, a virtualização de *desktop* e a de servidor são exemplos diretamente aplicáveis (Kusnetzky, 2011; Silva e Maçada, 2012; Pires, 2017). Na virtualização de *desktop*, são criadas diversas máquinas virtuais em um único servidor físico, as quais são acessadas por usuários individuais via terminais de baixo consumo (*thin client*) (Sahoo, Mohapatra, & Lath, 2010). O servidor é responsável pelo processamento e armazenamento de dados e o *thin client* pela interface do usuário. *Thin clients* têm como vantagens uma maior flexibilidade para criação de ambientes, gerenciamento centralizado dos recursos, menor consumo de energia, menor dissipação de calor, ocupa menos espaço físico e exige um menor esforço de manutenção. Já na virtualização de servidor são criados servidores virtuais individuais e isolados, com quantidade de recursos específicos para o seu propósito (ex. banco de dados, serviços etc.) e cada um deles é utilizado simultaneamente por múltiplos usuários (Portnoy, 2012). Esta é uma forma de reduzir a quantidade de equipamentos físicos na sala de equipamentos de TI a partir da otimização do uso de um único *hardware* de alto desempenho.

A adoção de *desktops* virtuais acessíveis remotamente pode contribuir para a redução dos custos de aquisição e gerenciamento de equipamentos, além de aumentar a disponibilidade de acesso do discente a recursos que normalmente ficam restritos aos laboratórios. É possível criar perfis de *desktops* virtuais com *softwares* específicos para cada disciplina, acesso ou não à internet, sendo desconsiderados os recursos tidos como desnecessários para uma determinada prática. Como a maior parte da computação ocorre no servidor, as atualizações de equipamentos podem ser feitas em períodos mais longos que o modelo tradicional (Oliveira, 2012; Rossi, Brandolt, Roza, Roza, e Wagner, 2011).

Os benefícios da virtualização são evidentes, como os apontados por Pires (2017). O modelo virtualizado proporciona um ganho de desempenho no processamento, maior flexibilidade na gestão e manutenção dos laboratórios, além da redução do número de horas desprendidas com suporte técnico. Provenzi (2012) destaca que, apesar de o custo inicial da solução virtual ser comumente maior que a tradicional, o valor desprendido é compensado com a redução do consumo de energia, comprovando a sustentabilidade da solução (Provenzi, 2012).

Outra tendência que tem sido observada é a dos discentes trazerem seu próprio equipamento (ex. *notebook*, *tablet*, *netbooks* e *smartphones*), alinhado ao conceito de BYOD (*Bring Your Own Device*) ou “Traga seu próprio dispositivo”. BYOD está relacionado ao hábito de utilizar equipamentos de propriedade particular tanto para

uso pessoal como para atividades acadêmicas ou trabalho. Ao considerar o BYOD, as instituições podem se beneficiar com a redução de gastos com investimento em infraestrutura (Atkinson, Spenneman, & Cornforth, 2005). Outro benefício do BYOD é a ubiquidade, pois o discente passa a levar consigo as práticas realizadas durante a aula (Kontos, 2001; Tavares, Tori, Kofuji, Marcellos, e Garay, 2018).

Mesmo com diversos argumentos favoráveis, Tavares et al. (2018) afirmam que, embora os equipamentos pessoais sejam utilizados pelos estudantes de diversas formas, poucas vezes são incorporados às atividades de classe. Por um lado, a prática BYOD possibilita um parque tecnológico mais enxuto, mas, por outro, traz consigo o esforço de se definir as políticas de uso e responsabilização no que tange ao atendimento de requisitos mínimos de segurança e conformidade definidos pela instituição.

## Modelos de Aquisição de Equipamentos

Existem diferentes modelos para uma instituição de ensino realizar a aquisição de seus aparelhos tecnológicos, tais como compra dos equipamentos, locação, *leasing*, entre outros. Dependendo do formato utilizado, a instituição pode, por exemplo, remover os custos de manutenção e depreciação dos equipamentos, como no caso da locação.

O modelo mais comumente escolhido pelas instituições federais no Brasil é o de **compra**. Para isso, a instituição deve fazê-lo por meio de um processo de licitação que consiste em um conjunto de procedimentos administrativos para compras ou serviços contratados por todos os entes federativos. Nesse modelo, é necessário estar rigorosamente em conformidade com a lei (Mello, 2012) e seguir procedimentos específicos que podem variar de acordo com o objetivo que se pretende atingir (Batista e Maldonado, 2008; Justen Filho, 2010).

Há seis tipos de licitação: concorrência; tomada de preços; convite; concurso; leilão; e pregão. O grau de dificuldade de cada licitação depende do seu tipo e do valor financeiro envolvido no contrato (Hegenberg, 2013). A descrição de cada uma delas é apresentada no Quadro 1.

| Modalidade       | Definição  |
|------------------|--|
| Concorrência     | Ocorre entre quaisquer interessados que, na fase inicial de habilitação preliminar, comprovem possuir os requisitos mínimos de qualificação exigidos no edital.  |
| Tomada de preços | Ocorre entre os interessados devidamente cadastrados ou os que atenderem a todas as condições exigidas para cadastramento até o terceiro dia anterior à data do recebimento das propostas, observada a necessária qualificação.  |
| Convite          | Acontece entre interessados do ramo pertinente ao seu objeto, cadastrados ou não, escolhidos e convidados em número mínimo de três pela unidade administrativa, a qual afixará em local apropriado, cópia do instrumento convocatório e o estenderá aos demais cadastrados na correspondente especialidade que manifestarem seu interesse com antecedência de até 24 horas da apresentação de propostas. |
| Leilão           | Tem como objetivo a venda de bens móveis inservíveis para a administração ou de produtos legalmente apreendidos ou penhorados, ou para a alienação de bens imóveis a quem oferecer o maior lance, igual ou superior ao valor da avaliação.   |
| Pregão           | Usada com a finalidade da aquisição de bens e de serviços comuns. A disputa é feita por propostas e lances sucessivos, em sessão pública, presencial ou eletrônica.  |

Quadro 1. Modalidades de Licitação praticadas no Brasil.

Fonte: Hegenberg (2013).

É fundamental lembrar que, na aquisição de bens, o capital ficará imobilizado até sua venda e que sofrerá grande depreciação durante este período por se tratar de equipamentos tecnológicos, que são atualizados todo ano. Atualmente, a depreciação média de um *desktop* é de 20% ao ano e sua vida útil de cinco anos, de acordo com a Receita Federal.

O **arrendamento mercantil (*leasing*)** é uma alternativa à compra de equipamentos de TI, em que a responsabilidade pela disponibilidade dos recursos são deixadas para o arrendador (empresa que se dedica à exploração de *leasing*). O *leasing* se caracteriza por ser um acordo firmado entre arrendador e o cliente (conhecido também como arrendatário), em que os bens são arrendados por um tempo preestabelecido em contrato com pagamentos periódicos de contraprestações (Graciliano, Santana, de Paiva Nunes, & Szuster, 2009). Ao término do contrato, o cliente pode optar por renová-lo por mais um período, por devolvê-lo ao arrendador ou adquirir o bem pelo valor de mercado ou por um valor residual previamente definido no contrato (Fagan, 2002). Existem três formas de *leasing* (Graciliano et al., 2009): *leasing* financeiro – operação na qual o cliente tem a intenção de ficar com o bem ao término do contrato, exercendo a opção de compra pelo valor contratualmente estabelecido; *leasing* operacional – operação na qual o cliente, a princípio, não tem a intenção de adquirir o bem ao final do contrato; e *leaseback* ou *leasing* de retorno – quando uma empresa necessita de capital de giro, sendo que o cliente vende seus bens ao arrendador, que aluga de volta os mesmos bens.

Um terceiro modelo é a **locação** de equipamentos de TI ou terceirização (*outsourcing*) de TI que tem se tornado uma prática cada vez mais frequente. Esta é uma opção para empresas que precisam atualizar seus equipamentos, mas têm pouco capital de investimento. As empresas não optam por comprar *desktops*, *laptops* ou *tablets*, mas sim alugá-los. Com isso, as empresas mantêm seus acervos tecnológicos com as opções mais modernas do mercado, sem os mesmos gastos de investimento que teriam no caso de compra. A locação também permite que os custos de manutenção de equipamentos sejam de responsabilidade da locadora, simplificando os gastos em TI (Saddy, 2014).

Adicionalmente, na visão de Sanchez e Cappellozza (2012), terceirizar a infraestrutura é algo trivial e não deve causar nenhum impacto diferencial que pudesse estar associado à geração de valor da organização. No âmbito da infraestrutura, pode auxiliar na obtenção de ganhos de produtividade, na redução de custos, na economia de recursos e possibilita uma atualização constante e de maneira mais rápida do aparato tecnológico do que no processo de compra, visto que são necessários meses para se finalizar um processo de licitação. Todavia a terceirização também oferece riscos, por exemplo, se houver cortes no orçamento, o não pagamento pelo serviço ocasionaria a perda de continuidade caso os equipamentos tenham que ser devolvidos.

Por fim, o modelo **BYOD** tem como base o conceito de as organizações autorizarem e, mais, motivarem seus funcionários a utilizarem, no ambiente de trabalho, seus próprios dispositivos ao invés dos dispositivos corporativos. A tecnologia vem evoluindo rápido, com maior capacidade de processamento e está cada vez mais acessível aos consumidores. Com o passar dos anos, muitos consumidores estão adquirindo novos dispositivos móveis e portáteis como *tablets*, *smartphones* e *notebooks*, com os quais controlam e administraram melhor suas atividades. Assim, a adoção de BYOD elimina ou diminui a responsabilidade da organização de disponibilizar o *hardware*, reduzindo custos de aquisição.

Dentre os benefícios da utilização de BYOD pelas organizações, estão o aumento da produtividade, satisfação no trabalho e redução dos custos de investimentos em *hardware* para a empresa (Garanhani, 2013). Com relação ao custo associado à manutenção, gastos consumíveis e outras despesas operacionais, estas podem ser mantidas ou reduzidas uma vez que, como a atualização do aparato tecnológico da empresa ocorre sobre um número reduzido de equipamentos, consequentemente, ocorre a redução dos custos operacionais destinados a eles (Sanchez & Cappellozza, 2012).

Todavia, para a implementação de BYOD, é necessário que a organização se atente a diversos aspectos técnicos. Dentre eles, estão o controle sobre a estrutura digital da instituição, políticas de uso de recursos, estratégias de segurança, escalabilidade e identificação de dispositivos na instituição (Nishimura & Ribeiro, 2018). É importante ressaltar que, apesar dos benefícios da tecnologia, nem todos os dispositivos são iguais e nem todas as pessoas têm capacidade econômica para comprar um equipamento sofisticado. Portanto, em instituições de ensino, podem ocorrer muitas diferenças entre as características dos dispositivos entre os diversos usuários e que, por sua vez, podem influenciar na capacidade de estudo de alguns discentes, ou até mesmo impossibilitá-lo.

Na literatura, encontram-se pesquisas que tratam dessa temática. Por exemplo, Falvo (2014) analisou a utilização de *desktops* virtuais em um departamento de uma instituição de ensino superior sob o ponto de vista de qualidade técnica e consequências de uso. Como resultado, o autor apresenta informações sobre recursos necessários para o planejamento de implantação da *desktops* virtuais. Yoo et al. (2012) estudaram o impacto econômico do investimento em implementar uma infraestrutura de virtualização de *desktop* (VDI) em um hospital e mostraram que o sistema virtual apresentou ponto de equilíbrio no quarto ano do investimento. Nesse ponto, o VPL foi de aproximadamente US\$ 192 mil. Já Feitor, da Silva, de Sousa Neto, e de Andrade (2014) investigaram a propensão de estudantes do ensino superior de Administração de uma instituição privada e outra pública em aderir a um programa de BYOD e concluíram que a insegurança, características físicas, funcionalidade e a insuficiência de instalações influenciam na heterogeneidade das perspectivas em relação ao tipo de instituição.

Com relação às práticas de governança, Youchun e Jianpeng (2009) implementaram o núcleo da estrutura do ITIL em um laboratório de computação em uma instituição de ensino superior. Os resultados mostraram uma melhoria no gerenciamento do laboratório com taxa de 89% de resolução de problemas. López, Acevedo, Rodríguez, Michel, e Peláez (2021) implementaram, em cinco fases, as práticas descritas pela ITIL em um laboratório de redes e um instituto de educação superior. A conclusão foi que a integração coerente do ensino e os objetivos de gestão foram realizados com êxito bi que diz respeito às atividades de docência.

O presente trabalho difere dos citados, pois se preocupa em realizar um estudo comparativo entre modelos de disponibilização de equipamentos de TI, considerando as características técnicas e financeiras para a tomada de decisão.

## Método

Neste trabalho, optou-se pelo estudo de caso com análise quali-quantitativa, buscando avaliar, de forma técnica e financeira, soluções tecnológicas alternativas para laboratórios didáticos de computação em uma IFES com base em melhores práticas de governança e gestão de TI.

Em relação a governança de TI, foi utilizado o *framework* COBIT 2019 (ISACA, 2018)(ISACA, 2018), que se propõe a auxiliar organizações na criação de valor ótimo com o uso da TI. Ele tem como base o *Balanced Scorecard* (BSC) desenvolvido por Kaplan e Norton (1992), que é uma metodologia de medição e avaliação de desempenho empresarial, com base nas perspectivas Financeira, Cliente, Processos Internos e Aprendizado e Crescimento.

Para um entendimento mais pleno do ambiente, COBIT prevê o levantamento dos Fatores de *Design*, que são aqueles que podem influenciar o sistema de governança de uma empresa e, por consequência, o sucesso no uso da TI. O Quadro 2 contém os Fatores de *Design* considerados mais relevantes para este estudo.

| Fator de Design                  | Descrição  |
|----------------------------------|--|
| Arquétipo Estratégico            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inovação / Diferenciação: a empresa foca em oferecer produtos e serviços diferenciados ou inovadores.</li> <li>Serviço ao Cliente / Estabilidade: foca em oferecer um serviço estável e orientado ao cliente.</li> </ul>  |
| Metas Corporativas               | <ul style="list-style-type: none"> <li>EG03 - Conformidade com leis e regulamentos externos</li> <li>EG04 - Qualidade financeira das informações financeiras</li> <li>EG05 - Cultura de serviço orientada ao cliente</li> <li>EG11 - Conformidade interna com políticas internas</li> </ul>  |
| Perfil de Risco de TI            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tomada de decisão de investimento em TI, definição de portfólio e manutenção</li> <li>Incidentes de hardware</li> <li>Falhas de software</li> <li>Ataques lógicos (<i>hacking, malware etc.</i>)</li> <li>Incidentes de terceiros/fornecedores</li> <li>Inovação baseada em tecnologia</li> </ul> |
| Questões Relacionadas a TI       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Duplicações ou sobreposições entre várias iniciativas ou outras formas de desperdício de recursos</li> <li>Custo de TI excessivamente alto</li> <li>Incapacidade de explorar novas tecnologias ou inovar usando TI</li> </ul>   |
| Cenário de Ameaças               | <b>Normal:</b> a empresa está operando sob níveis normais de ameaça.   |
| Requisitos de Conformidade       | <b>Normal:</b> a empresa está sujeita a um conjunto de requisitos de conformidade que são comuns em diferentes setores.  |
| Papel da TI                      | <b>Fábrica:</b> quando a TI falha, há um impacto imediato na execução e continuidade dos processos e serviços de negócios. No entanto, a TI não é vista como um impulsionador para a inovação de processos e serviços de negócios.   |
| Estratégia de Adoção Tecnológica | <b>Follower:</b> A empresa normalmente espera que novas tecnologias se tornem convencionais antes de adotá-las.  |
| Tamanho da Empresa               | <b>Grande:</b> Possui mais de 250 colaboradores em tempo integral.   |

Quadro 2. Fatores de Design do ambiente do estudo de caso conforme o COBIT 2019.

Fonte: elaborado pelos autores.

Como um dos princípios do COBIT, para gerar valor com o uso da TI, é necessário satisfazer as necessidades das partes interessadas (*stakeholders*), buscando um equilíbrio entre a percepção dos benefícios e a otimização dos riscos e dos recursos. A Cascata de Metas, ilustrada na Figura 1, é o mecanismo usado para traduzir as necessidades dos *stakeholders* em Metas Corporativas (*Enterprise Goal, EG*), que são traduzidas para Metas de Alinhamento (*Alignment Goal, AG*) entre o negócio e a TI, e destas para os Objetivos de Governança e Gerenciamento.

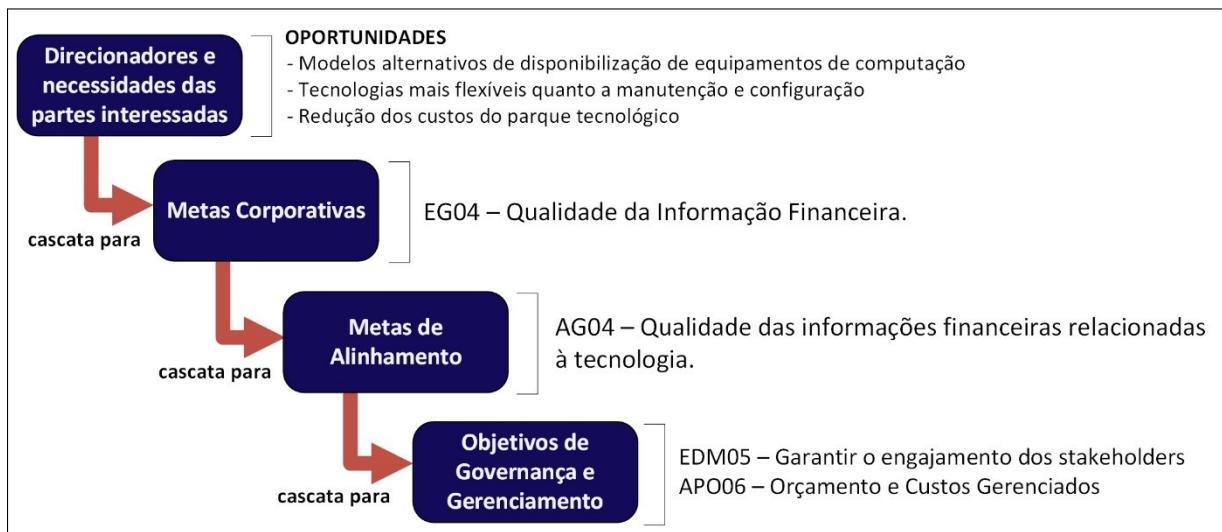


Figura 1. Resultado da aplicação da Cascata de Metas do COBIT 2019

Fonte: Adaptado de ISACA (2018)

O primeiro nível da cascata visa identificar os “Direcionadores e necessidades das partes interessadas”. Em especial neste estudo, as partes interessadas são os discentes e docentes dos cursos de computação, cuja solução pode beneficiá-los com a melhoria da qualidade dos recursos para práticas de ensino de computação; bem como a instituição, cujo benefício é a otimização de recursos e redução de custos.

A partir dos arquétipos estratégicos da empresa descritos no Quadro 2, foi selecionada como mais relevante a Meta Corporativa “EG04 – Qualidade da Informação Financeira”. A partir dessa meta, no próximo nível da cascata foi identificada a Meta de Alinhamento “AG04 – Qualidade das informações financeiras relacionadas à tecnologia”. A partir da meta de alinhamento, foram selecionados os Objetivos de Governança e Gerenciamento “EDM05 – Garantir o engajamento dos *stakeholders*” e “APO06 – Orçamento e Custos Gerenciados”.

O objetivo EDM05 faz parte do domínio de objetivos de governança *Evaluate, Direct and Monitor* (Avaliar, Direcionar e Monitorar) e busca identificar as partes interessadas para que sejam engajadas no sistema de governança de TI. Entre outros propósitos, ele visa assegurar que a comunicação com as partes interessadas seja eficaz, auxiliando no levantamento das necessidades e potenciais melhorias, bem como a definição de relatórios para maior transparência da avaliação do desempenho da TI. Ferramentas de pesquisa (ex. formulários) são componentes previstos para auxiliar no engajamento dos *stakeholders*.

Já o APO06 faz parte do domínio de objetivos de gerenciamento *Align, Plan and Organize* (Alinhar, Planejar e Organizar) e busca gerenciar as atividades financeiras relacionadas a TI abrangendo orçamento, gestão de custos e benefícios, bem como priorização de gastos via uso de práticas orçamentárias formais. Ele tem como propósito promover a parceria entre as partes interessadas da TI e da empresa para permitir o uso eficiente dos recursos de TI, além de fornecer transparência e responsabilidade do custo e valor comercial das soluções e serviços.

Quanto aos processos previstos para este objetivo, o “APO06.01 – Gerenciar finanças e contabilidade” busca estabelecer e manter um método para gerenciar e contabilizar todos os custos, investimentos e depreciação relacionados a TI. Entre as atividades previstas para esse processo, destaca-se: (i) definir um esquema de classificação para identificar todos os elementos de custo relacionados a TI como despesas de capital (*Capital Expenditure*, CAPEX) vs. despesas operacionais (*Operational Expenditure*, OPEX); (ii) usar as informações financeiras para subsidiar os casos de negócios para novos investimentos em ativos e serviços de TI.

Para materialização das especificações de governança de TI, optou-se pela biblioteca ITIL 4 (Axelos, 2019), que é um conjunto de boas práticas para operação e gerenciamento de serviços de tecnologia da informação. Foi adotada a Cadeia de Valor do Serviço (*Service Value Chain*, SVC) que fornece um modelo operacional flexível para a criação, entrega e melhoria contínua de serviços. A SVC é constituída de seis atividades-chave que podem ser combinadas de várias maneiras, formando múltiplos fluxos de valor:

- 1 Engajar: visa o entendimento das necessidades das partes interessadas, transparência e envolvimento contínuo, além de assegurar o bom relacionamento com os envolvidos.
- 2 Planejar: garante um entendimento compartilhado da visão, *status* e direção de melhoria para todos os produtos e serviços de TI da organização.
- 3 Melhorar: garante a melhoria contínua de produtos, serviços e práticas em todas as atividades da cadeia de valor e as quatro dimensões do gerenciamento de serviços.

- 4 *Design e Transição*: garante que produtos e serviços atendam continuamente às expectativas das partes interessadas quanto à qualidade, custos e *time-to-market*.
- 5 *Obter / Construir*: garante que os componentes de serviço estejam disponíveis quando e onde forem necessários e atendam às especificações acordadas.
- 6 *Entrega e Suporte*: garante que os serviços sejam entregues e suportados de acordo com as especificações acordadas e as expectativas das partes interessadas.

A Figura 2 contém o fluxo na SVC adotado quanto ao desenvolvimento de um novo serviço. Neste trabalho, foram realizadas as atividades 1 (Engajar) e 2 (Planejar). O objetivo da etapa 1 é reconhecer e documentar os requisitos do serviço. Para isso, além da realização da Análise do Negócio e do Portfólio de Serviços, foi realizada uma pesquisa com as principais partes interessadas (docentes e discentes), visando identificar suas necessidades e para um melhor entendimento dos recursos disponíveis.

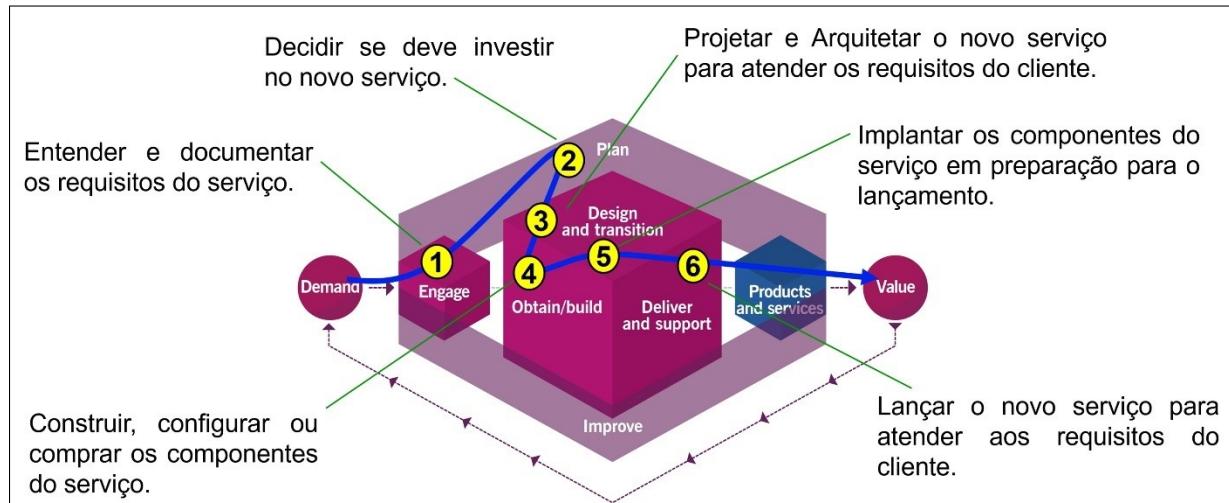


Figura 2. Desenvolvimento de um novo serviço.

Fonte: ITIL 4 CDS (2020).

A Etapa 2 tem por objetivo a tomada de decisão sobre o investimento, ou não, em um novo serviço. Uma vez que as necessidades foram identificadas, são feitas avaliações iniciais dos custos das soluções potenciais. Para execução dessa etapa, foram realizadas análises do CAPEX e OPEX de cada solução, além do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) e o Valor Anual Equivalente Uniforme (VAUE), que possibilita obter os custos em um horizonte mais amplo.

Para melhor entender a demanda sob o ponto de vista das partes diretamente beneficiadas, na **Etapa 1 (Reconhecer e documentar os requisitos do serviço)**, dois questionários, com abordagem qualitativa, foram aplicados para discentes e docentes (respectivamente) dos cursos de Ciência da Computação e Sistemas de Informação da IFES (Quadro 3). Antes de responderem aos questionários, ambos os grupos foram informados dos objetivos da pesquisa e que a participação era voluntária, sendo que os dados seriam utilizados apenas para fins acadêmicos, preservando-se a imagem dos participantes. Com o objetivo de validação do questionário elaborado, foi realizado um pré-teste que contou com quatro respostas referentes a um professor e três alunos. Os entrevistados apresentaram os problemas que tiveram e, com isso, ajustes foram realizados para então iniciar a coleta de dados.

| Questionário para os docentes |  |  |
|-------------------------------|--|--|
| Bloco                         | Número de questões                       | Objetivo   |
| 1                             | 2 questões abertas                       | Perfil da disciplina.  |
| 2                             | 1 questão aberta e 2 questões fechadas   | Quantidade média de alunos e grau de utilização de computadores nas disciplinas. |
| 3                             | 5 questões abertas e 5 questões fechadas | Necessidades de hardware e software para a disciplina.                           |
| 4                             | 4 questões abertas                       | Utilização das práticas de BYOD.   |

| Questionário para os discentes |  |   |
|--------------------------------|--|---|
| Blocos                         | Números de questões                    | Objetivo  |
| 1                              | 1 questão fechada e 1 questão aberta   | Informações sobre o entrevistado.   |
| 2                              | 5 questões fechadas                    | Quais equipamentos o discente possui e os requisitos computacionais de seus equipamentos.   |
| 3                              | 7 questões fechadas                    | Como é a utilização do equipamento pessoal dentro da instituição.   |
| 4                              | 3 questões fechadas e 1 questão aberta | Percepção que o discente possui sobre a infraestrutura da instituição com relação ao suporte oferecido aos equipamentos pessoais dos discentes. |

**Quadro 3.** Estrutura dos questionários aplicados aos docentes e discentes.

Fonte: elaborado pelos autores.

Para os docentes, a coleta de dados foi por meio de entrevistas, seguindo as questões apresentadas no Quadro 3. Para os discentes, criou-se um questionário no Google Docs, o qual foi divulgado por meios eletrônicos: e-mail, Facebook e WhatsApp. Nas questões fechadas, foi utilizada a escala Likert, com itens de cinco pontos que contemplam afirmativas que variam de muito ruim (1) a muito bom (5). O tamanho da amostra foi calculado baseando-se no número de alunos matriculados nos cursos de CCO e de SIN, grau de confiança de 95% e uma margem de erro de 6%. Ao todo, foram obtidas 161 respostas, correspondendo a 102 alunos de SIN e 59 de CCO.

Para a **Etapa 2 (Tomada de decisão sobre o investimento, ou não, em um novo serviço)**, foi feita uma pesquisa com uma abordagem quantitativa. Associando à prática de gerenciamento financeiro da ITIL 4, foram utilizados os indicadores de desempenho para a análise técnica e financeira: CAPEX; OPEX; VPL e VAUE, nos diferentes modelos de aquisição de computadores. Para isso, foram levantados os recursos necessários para aquisição e manutenção dos equipamentos de cada formato de laboratório. O objetivo da prática de gerenciamento financeiro de serviços é apoiar as estratégias e planos da organização para garantir que os recursos e investimentos financeiros da organização estejam sendo usados de forma eficaz.

## RESULTADOS E ANÁLISE

Primeiramente, as 53 disciplinas práticas dos cursos de CCO e SIN foram analisadas, e identificados os requisitos computacionais de cada uma. Foram selecionadas aquelas que fazem uso de laboratórios (47) e, a partir disso, as disciplinas foram classificadas conforme as necessidades de processamento dos aplicativos (Quadro 4).

| Capacidade de processamento | Tipos de uso  | % de disciplinas |
|-----------------------------|---|------------------|
| Alta                        | Máquinas virtuais, jogos, aplicações que necessitam de intenso uso de placa gráfica, memória e processamento.                                   | 15               |
| Média                       | Ambiente de desenvolvimento integrado ( <i>Integrated Development Environment - IDE</i> ), simuladores, softwares de análise e bancos de dados. | 47               |
| Baixa                       | Mínimo de requisitos para funções básicas, como um navegador de internet, editores de texto e de planilhas.                                     | 38               |

**Quadro 4.** Percentual de disciplinas por capacidade de processamento requerido.

Fonte: elaborado pelos autores.

Uma vez que a demanda maior é por capacidade de processamento médio e esta capacidade supre também a necessidade das disciplinas de processamento baixo (suprindo 85% das disciplinas), para efeito de nivelamento do estudo comparativo, o trabalho foi realizado com base em laboratórios com uma capacidade de processamento média.

Quase todos os respondentes discentes disseram possuir *notebook* (90,7%). De forma a atender às necessidades da maioria das disciplinas, foi estipulado que é necessário um processador de médio a alto desempenho e que possua pelo menos 4GB de memória RAM. Pelas respostas obtidas, apenas 1,8% dos dispositivos dos alunos não atenderam aos quesitos de memória RAM, enquanto 21% não atenderam aos requisitos quanto ao desempenho. Nesse cenário, 59% dos discentes que participaram da pesquisa possuem equipamentos pessoais para atender às necessidades da grande maioria das disciplinas, ou seja, poderiam adotar o método BYOD.

Sobre como é a utilização dos equipamentos dos discentes na universidade, 77% dos alunos que possuem *notebooks* ou *tablets* (91%) carregam seus computadores para a universidade e os 23% restantes justificaram não levar por temerem a falta de segurança, juntamente com o desconforto no transporte e medo de danos aos equipamentos (ex. chuva). Este é um ponto importante a ressaltar, pois esse receio inibiria a implantação mais ativa das práticas de BYOD. Um exemplo de ação que pode ser tomada para incentivar os alunos nessa prática seria disponibilizar um armário individual para que ele possa guardar com segurança seu equipamento.

Outra atitude para incentivar práticas de BYOD diz respeito à instituição fornecer condições de infraestrutura favoráveis. Nessa questão, a maioria dos discentes consideraram boa ou muito boa a infraestrutura com relação ao *Wi-Fi* (65%), tomadas elétricas (54%) e mobiliário (70%); e poucos julgaram a infraestrutura insatisfatória: *Wi-Fi* (9%), tomadas elétricas (20%) e mobiliário (8%). Os demais alunos consideraram as instalações neutras. Outras ações podem melhorar a infraestrutura, tais como aumentar o número de tomadas não apenas em laboratórios como em outros ambientes de estudo para os alunos, posicionar os *desktops* sob a mesa de modo que libere espaço para o uso de *notebooks*, divulgação dos *softwares* utilizados em cada disciplina com respectivos guias de configuração, para que facilite ao aluno a sua instalação no próprio equipamento. Por fim, ressalta-se que disciplinas que fazem baixo uso de computador também podem utilizar *smartphones* dos alunos para tarefas mais simples (editor de texto, mecanismos de busca etc.), já que apenas 2,5% dos alunos respondentes disseram não possuir *smartphones*.

Com as necessidades identificadas, foi realizada a análise financeira dos quatro métodos: compra, *leasing*, locação e virtualização. Para melhor comparação, a capacidade do servidor para virtualização dentro dos requisitos estabelecidos foi utilizada como base para determinar o número de computadores usado nos cálculos: 250 máquinas. O período considerado para o fluxo de caixa foi de 2021 a 2030. A primeira análise foi feita sobre a modalidade de licitação pela tomada de preços. Seguindo a Instrução Normativa N° 3 de 20 de abril de 2017 do Ministério do Planejamento, utilizou-se o Painel de Preços<sup>1</sup> e consulta em mídia especializada para pesquisa de preço mínimo. Os valores obtidos são mostrados na Tabela 1. Aponta-se que todos os valores na Tabela 1 são custos, mas o sinal negativo foi suprimido para simplificar a apresentação dos dados. O modelo de *desktop* utilizado como base foi o ThinkCentre M715q Tiny com teclado e *mouse* inclusos, encontrados no site da empresa em 31 de outubro de 2020. Suas principais características são a memória de 8GB DDR4, armazenamento de 256GB SSD e processador de médio desempenho AMD Ryzen 5 2400GE (3.2GHz). Esse *desktop* oferece vantagem com relação a seu tamanho que permite mais espaço na mesa para que os discentes usem seus equipamentos. O monitor utilizado como base foi o de LED de 19,5 polegadas, calculado sobre o valor médio dentre grandes vendedores. Foi acrescido, ao valor calculado, 5% de forma a incluir equipamentos sobressalentes e utilizado uma taxa de 4,57% a.a. de reajuste para considerar a inflação (esse valor foi calculado com base na média do IPCA dos anos de 2016 a 2020). O cálculo também leva em conta a vida útil de cinco anos para esses equipamentos, seguindo os dados da Receita Federal, e estima que não há valores recuperados após esse período, visto que instituições públicas não podem vender esses equipamentos.

Para o OPEX do *modelo de compra*, o gasto de energia elétrica foi baseado no gasto médio de um *desktop* de 200 Watts/hora e o custo de U\$ 0,15 do KWh com impostos utilizando dados fornecidos pela Companhia Energética local. Estimou-se que um *desktop* na instituição é usado 22 dias/mês e 12 horas/dia. Também foi determinado que o gasto médio com o suporte técnico de computadores, considerando três profissionais no setor de TI, com salário médio de U\$ 774,80, utilizando dados fornecidos pelo Portal da Transparência do Governo.

Para o *modelo de leasing*, foi considerado a modalidade de *leasing* operacional, pois a instituição não tem a intenção de adquirir o equipamento após o final do contrato, para evitar que seus equipamentos fiquem obsoletos. Utilizou-se os valores totais de CAPEX do método de compra e realizou-se o orçamento em três empresas. Os valores estão apresentados na Tabela 1 e foram convertidos para dólar na cotação de 04/jan/2021. A média aritmética das taxas médias de juros ao mês fornecidas por essas empresas foi de 1,375% a.m. para o prazo estudado. Visto que os custos de manutenção e suporte são de responsabilidade do arrendatário, os valores do OPEX calculados para o método de compra também podem ser utilizados para o *leasing*.

No *modelo de locação*, não existe despesas de capital, apenas despesas operacionais (custo de energia elétrica e o pagamento mensal do aluguel dos equipamentos), como mostrado na Tabela 1. Foram realizados orçamentos com quatro empresas do setor e a média do valor mensal orçado foi de US\$ 34,5. O valor mensal já cobre a instalação, configuração, suporte 24 horas por dia, equipamentos sobressalentes e manutenções.

<sup>1</sup>Ver <http://paineledeprecos.planejamento.gov.br>

|                 | CAPEX do método de compra |          |                | CAPEX leasing | OPEX do método de compra e/ou leasing |                        |                            | OPEX do método de locação |               |
|-----------------|---------------------------|----------|----------------|---------------|---------------------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------|
|                 | desktop                   | Monitor  | Subtotal CAPEX |               | Energia elétrica                      | Supporte técnico - mês | Subtotal OPEX <sup>2</sup> | desktop                   | Subtotal OPEX |
| Qtde.           | 250                       | 250      |                | 250           | 250                                   | 3                      |                            | 250                       |               |
| PU <sup>1</sup> | 650,68                    | 105,5    |                | 756,2         | 92,0                                  | 9.297,6                |                            | 34,5                      |               |
| 2021            | 170.803,0                 | 27.706,2 | 198.509,2      | 56.256,7      | 22.994,8                              | 27.892,9               | 50.887,8                   | 103.581,5                 | 126.576,4     |
| 2022            | -                         | -        | -              | 56.256,7      | 24.045,2                              | 29.167,1               | 53.212,3                   | 103.581,5                 | 127.626,8     |
| 2023            | -                         | -        | -              | 56.256,7      | 25.143,6                              | 30.499,4               | 55.643,0                   | 103.581,5                 | 128.725,2     |
| 2024            | -                         | -        | -              | 64.323,6      | 26.292,2                              | 31.892,6               | 58.184,8                   | 118.434,6                 | 144.726,8     |
| 2025            | -                         | -        | -              | 64.323,6      | 27.493,2                              | 33.349,5               | 60.842,7                   | 118.434,6                 | 145.927,8     |
| 2026            | 179.384,4                 | 29.098,3 | 208.482,7      | 64.323,6      | 28.749,1                              | 34.872,9               | 63.622,0                   | 118.434,6                 | 147.183,7     |
| 2027            | -                         | -        | -              | 73.547,3      | 30.062,4                              | 36.465,9               | 66.528,3                   | 135.417,6                 | 165.480,0     |
| 2028            | -                         | -        | -              | 73.547,3      | 31.435,6                              | 38.131,7               | 69.567,3                   | 135.417,6                 | 166.853,2     |
| 2029            | -                         | -        | -              | 73.547,3      | 32.871,6                              | 39.873,5               | 72.745,1                   | 135.417,6                 | 168.289,2     |
| 2030            | -                         | -        | -              | 84.093,7      | 34.373,2                              | 41.694,9               | 76.068,1                   | 154.835,9                 | 189.209,0     |

**Tabela 1.** Valores anuais referentes às despesas de capital (método de compra e leasing) e às despesas operacionais (método de compra, leasing e locação) de 2021 a 2030 (em US\$<sup>3</sup>).

Fonte: elaborado pelos autores.

<sup>1</sup> Preço unitário.

<sup>2</sup> O subtotal OPEX do método de locação refere-se à soma dos valores da coluna 9 (Desktop – locação) e valores da coluna 6 (Energia elétrica).

<sup>3</sup> Taxa de conversão em 04/01/2021 – US\$1,0 = R\$ 5,1626.

Para a virtualização, foi considerado o **modelo de virtualização** de *desktop*, na qual pode-se substituir os *desktops* por *thin clients* de menor custo. Foi realizado um orçamento com a empresa XX (nome omitido por razões de sigilo) para dois servidores, com as seguintes configurações: processador Dual AMD Epyc 7662 (128 Núcleos, 256 Threads, 2,0GHz, Turbo até 3,3GHz, Cache de 256MB), memória RAM de 512GB DDR4 2666MHz ECC REG (16x32GB), com dois armazenamentos, o primeiro de SSD 1TB 2,5" SATA III Data Center Class e o segundo de HDD 10TB 7200RPM 256MB SATA III Storage Class. O *thin client* utilizado no estudo teve as seguintes configurações: processador Intel Celeron J4005 (2 núcleos, dois threads, 2,00GHz, turbo até 2,7GHz, Cache de 4MB), memória RAM de 4GB DDR4 2666MHz NON-ECC (1x4GB) e armazenamento SSD 128GB 2,5" SATA III. Também estão inclusos no valor do *thin cliente*: *mouse*, teclado com fio Logitech MK120 e um monitor Philips 21,5" IPS 223V5LHSW (1920x1080) (HDMI). Conforme a Tabela 2, é necessária a compra de 16 licenças do Windows Server Database Edition, sendo uma licença por núcleo do servidor.

|                 | CAPEX do método de virtualização |                 |             |                | OPEX do método virtualização |                        |               |
|-----------------|----------------------------------|-----------------|-------------|----------------|------------------------------|------------------------|---------------|
|                 | Servidor                         | Windows license | Thin Client | Subtotal CAPEX | Energia elétrica             | Supporte técnico - mês | Subtotal OPEX |
| Qtde.           | 2                                | 16              | 250         |                | 250                          | 3                      |               |
| PU <sup>1</sup> | 45.317,9                         | 1.192,2         | 423,0       |                | 30,8                         | 4.648,8                |               |
| 2021            | 90.635,8                         | 101.101,0       | 111.039,9   | 302.776,7      | 7.703,3                      | 13.946,5               | 21.649,7      |
| 2022            | -                                | -               | -           | -              | 8.055,2                      | 14.583,5               | 22.638,7      |
| 2023            | -                                | -               | -           | -              | 8.423,1                      | 15.249,7               | 23.672,8      |
| 2024            | -                                | -               | -           | -              | 8.807,9                      | 15.946,3               | 24.754,2      |
| 2025            | -                                | -               | -           | -              | 9.210,2                      | 16.674,7               | 25.885,0      |
| 2026            | 95.189,5                         | 126.400,7       | -           | 221.590,2      | 9.631,0                      | 17.436,4               | 27.067,4      |
| 2027            | -                                | -               | -           | -              | 10.070,9                     | 18.232,9               | 28.303,8      |
| 2028            | -                                | -               | -           | -              | 10.530,9                     | 19.065,8               | 29.596,8      |
| 2029            | -                                | -               | 116.618,7   | 116.618,7      | 11.012,0                     | 19.936,8               | 30.948,7      |
| 2030            | -                                | -               | -           | -              | 11.515,0                     | 20.847,5               | 32.362,5      |

**Tabela 2.** Valores calculados referentes às despesas de capital e operacionais (método de virtualização) de 2021 a 2030 (em US\$<sup>2</sup>).

Fonte: elaborado pelos autores.

<sup>1</sup> Preço unitário.

<sup>2</sup> Taxa de conversão em 04/01/2021 – US\$ 1,0 = R\$ 5,1626.

Diferentemente do *desktop*, nota-se também que o *thin client* possui sua vida útil de até oito anos. Observando as despesas operacionais na Tabela 2, pode-se perceber que os gastos de energia com a virtualização correspondem apenas a 33,5% dos gastos com o mesmo item em outras soluções, além do que é possível reduzir em até 50% os custos com o setor de TI da instituição, visto que o suporte para a virtualização é muito mais facilitado.

De forma a comparar os quatro diferentes modelos nos laboratórios de computação, foi calculado o Valor Presente

Líquido (VPL) para cada um deles. O VPL é um indicador financeiro de viabilidade econômica e se traduz a levar para o presente todos os valores de um fluxo de caixa a uma determinada taxa de juros (Blank & Tarquin, 2008). Se o  $VPL \geq 0$  o projeto é viável; caso contrário, não. Assim, o cálculo dos VPLs para cada arranjo mostra que o modelo de Virtualização é o que apresenta o custo mais baixo (US\$ 569.351,95), seguido do modelo de Compra (US\$ 622.975,59). O modelo de Locação foi o que apresentou custo mais alto (US\$ 819.580,66), sendo que o custo do modelo de *leasing* foi US\$ 701.767,91. Assim, pode-se dizer que o custo mais baixo somado às vantagens apresentadas anteriormente do modelo de virtualização faz deste um sistema interessante a ser implantado nos laboratórios didáticos das instituições de ensino.

Por fim, para verificar comparativamente a evolução dos custos dos diferentes modelos, foi calculado o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) para todos os quatro sistemas, variando o período e utilizando TMA de 12% ao ano. O VAUE consiste em anualizar o VPL, ou seja, achar uma série uniforme periódica equivalente ao fluxo de caixa do investimento, com a mesma taxa de juros e é utilizado quando a comparação envolve projetos com horizontes de tempos diferentes (Blank & Tarquin, 2008). Os resultados (Figura 3) apontam que os modelos Virtualização e Compra possuem custos iniciais altos, dados os investimentos iniciais. Porém esses valores decaem rapidamente – em três anos já estão no mesmo nível que os demais modelos e, após algum tempo, apresentam valores mais baixos que as outras opções, sendo que o modelo Virtualização apresenta cainimento mais oblíquo que o de Compra. Já os modelos Locação e *leasing*, apesar de terem custos mais baixos no início, apresentam inclinação ascendente dos custos ao longo do tempo.

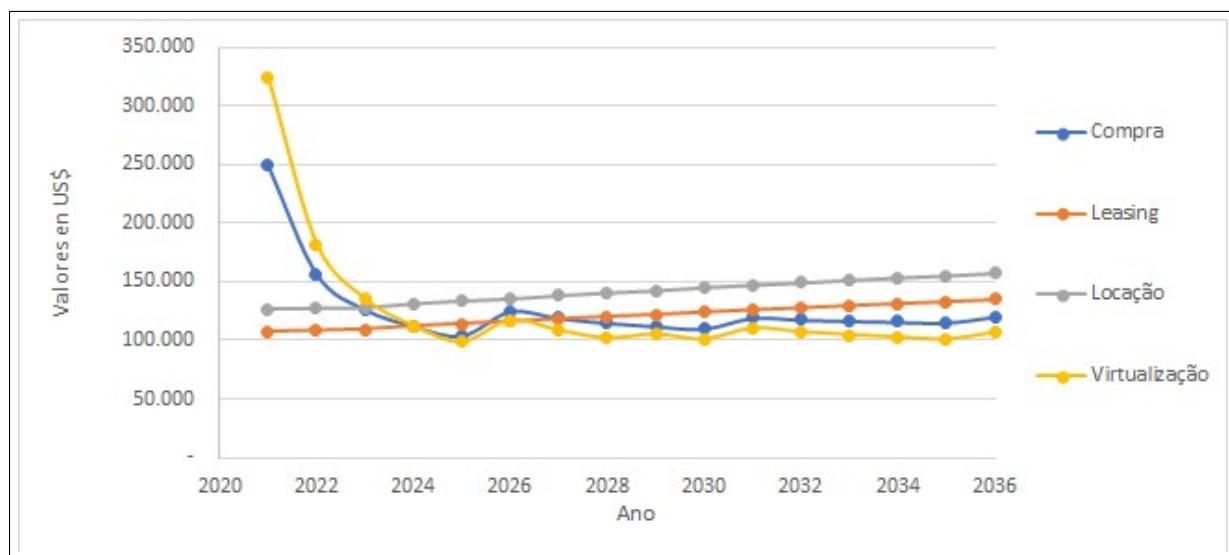


Figura 3. Evolução dos custos dos diferentes modelos

Fonte: Elaborados pelos autores.

## Discussão

Do ponto de vista técnico, cada modelo tem suas especificidades em termos de preço, consumo de energia, infraestrutura necessária e valor de mão de obra de instalação e manutenção.

Considerando o modelo de aquisição de *desktop*, este possui alto custo de compra e instalação em relação aos demais modelos. Além disso, a obsolescência dos equipamentos pode ser um problema devido à escassez de disponibilização de peças de reposição dos equipamentos no final de sua vida útil. Outro ponto importante a se considerar diz respeito a problemas que podem ocorrer no que tange à continuidade do serviço. Em um equipamento adquirido, corre-se o risco de longos períodos de indisponibilidade do recurso em caso de defeito, considerando os longos trâmites dos procedimentos de compra no setor público e a demora para o recebimento da peça. No caso de locação, por se tratar de uma prestação de serviços, o equipamento é tipicamente substituído em menor tempo, sendo que o contrato pode estabelecer multa em casos de atraso. Nesse formato, transfere-se a responsabilidade técnica pela continuidade para o prestador de serviços. Ao adotar um modelo baseado em locação, assegura-se um parque computacional sempre atualizado.

Já o modelo de compra baseado em máquinas virtuais tem como benefício apresentar um menor custo e consumo de energia quando comparado a máquinas físicas. Como a maior parte do processamento ocorre no lado do servidor, é possível disponibilizar Thin Clients com especificações de processador e memória mais simples. Em contrapartida, esse modelo requer uma sala de equipamentos mais preparada quanto à infraestrutura (ex. climatização, sistema de alimentação ininterrupta, segurança etc.). Nesse modelo, tem-se maior flexibilidade de configuração, uma vez que, dada a gestão centralizada, é possível criar diferentes ambientes conforme as necessidades das disciplinas, o que seria mais difícil ser feito em *desktops*. Ressalta-se, contudo, que o ambiente virtualizado requer uma maior expertise técnica da equipe.

Por fim, o modelo BYOD tem como vantagem não implicar em custos de aquisição, instalação e manutenção, mas requer a preparação de documentação para auxiliar o aluno a preparar o ambiente para práticas. Contudo essa tarefa pode exigir um grande esforço considerando a ampla diversidade de dispositivos. Um problema que pode ocorrer nesse modelo é a utilização de dispositivos como tablets e smartphones que podem apresentar limitações quanto à instalação de determinados programas (ex. ambientes de desenvolvimento) devido às características das plataformas embarcadas. Esse modelo tem como vantagem transferir a responsabilidade da continuidade para o aluno.

Sob o ponto de vista financeiro, os modelos de aquisição, tanto de virtualização quanto compra de *desktops*, oferecem as melhores opções, pois apresentam custos de aproximadamente 44% e 32%, respectivamente, mais baixos do que a opção mais cara (locação). Esses dados, aliados ao fato desses modelos não ficarem dependentes de orçamentos anuais públicos, fazem desses modelos, em especial o de virtualização, escolhas preferíveis para os laboratórios estudados nesta pesquisa.

## CONCLUSÃO

Cada instituição possui suas peculiaridades, seja com relação à quantidade de computadores, ou tamanho do setor de TI, por isso é importante que se realize um estudo sobre os modelos mais eficientes e que proporcionam maior custo-benefício na aquisição de computadores. Estes estudos podem ser auxiliados pelas boas práticas de governança e gestão de TI, contribuindo para que a verba destinada à educação seja mais bem utilizada, criando um ambiente que atenda melhor à necessidade dos docentes e discentes por um custo menor.

O estudo realizado mostrou que a utilização da virtualização pode trazer uma grande economia a longo prazo. Porém, para instituições que possuem baixo capital, a utilização de *leasing* ou locação podem ser boas soluções a curto prazo. É importante ressaltar que, apesar do *leasing* possuir maior retorno sobre o investimento, a locação pode permitir uma dedução no imposto de renda, já que se enquadra como OPEX. Apesar de as soluções de curto prazo serem benéficas para instituições de baixo custo, deve-se atentar ao fato de que, caso ocorra o não pagamento de uma parcela mensal, pode ocorrer a retirada dos equipamentos afetando completamente o serviço oferecido pela instituição. Para instituições públicas, é interessante a decisão ser tomada com base em sua situação econômica: a aquisição por locação para uma estratégia de curto prazo e a virtualização para o longo prazo.

Todo trabalho de pesquisa apresenta limitações, que abrem espaço para outras pesquisas. Neste estudo, sugere-se como possíveis pesquisas futuras ampliar o escopo do trabalho para outras instituições de ensino, tanto públicas como particulares, incluindo a visão da alta administração no processo de gestão, e agregar outros métodos para tomada de decisões, como os métodos de decisão multicritério.

## REFERÊNCIAS

- Atkinson, J. S., Spenneman, D. H., & Cornforth, D. (2005). Redirecting under-utilised computer laboratories into cluster computing facilities. *Campus-Wide Information Systems*, 22(4), 201–209. doi: [10.1108/10650740510617511](https://doi.org/10.1108/10650740510617511)
- Axelos. (2019). *Itil foundation* (4a. ed.). TSO.
- Batista, M. A. C., & Maldonado, J. M. S. d. V. (2008). O papel do comprador no processo de compras em instituições públicas de ciência e tecnologia em saúde (c&t/s). *Revista de Administração Pública*, 42, 681–699. doi: [10.1590/S0034-76122008000400003](https://doi.org/10.1590/S0034-76122008000400003)
- Blank, L., & Tarquin, A. (2008). *Engenharia econômica* (6a. ed.). McGraw-Hill.
- Chiueh, S. N. T.-c., & Brook, S. (2005). A survey on virtualization technologies. *Rpe Report*, 142.
- Fagan, V. (2002). *Lease arrangements for providing computer equipment*. US Patent App. 09/828,446.
- Falvo, M. R. (2014). *Uma avaliação experimental do uso de desktops virtuais* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil). Recuperado de <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/574>
- Feitor, C. D. C., da Silva, M. P., de Sousa Neto, M. V., & de Andrade, A. P. V. (2014). A adoção de estratégias de byod no ensino superior de administração. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, 8(4). doi: [10.12712/rpca.v8i4.11194](https://doi.org/10.12712/rpca.v8i4.11194)
- Garanhani, B. (2013). *Byod: bring your own device* (Monografia de Especialização, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil). Recuperado de <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/17288>
- Graciliano, E. A., Santana, E. C., de Paiva Nunes, A., & Szuster, N. (2009). Contabilização do leasing em empresas arrendadoras: divergências na legislação brasileira. In *Anais do congresso brasileiro de custos-abc* (p. 1–14). Recuperado de <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/1146>
- Hegenberg, J. T. (2013). *As compras públicas sustentáveis no brasil: um estudo nas universidades federais* (Dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil). Recuperado de [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/571/1/CT\\_PPGPGP\\_M\\_Hegenberg%2C%20Juliana%20Trianoski\\_2013.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/571/1/CT_PPGPGP_M_Hegenberg%2C%20Juliana%20Trianoski_2013.pdf)
- ISACA. (2018). *COBIT 2019 framework: Introduction and methodology*. Tample MIS.
- Justen Filho, M. (2010). *Comentários à lei de licitações e contratos administrativos* (v. 9). Dialética.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). *The balanced scorecard: measures that drive performance* (v. 79). Harvard Business Review US.
- Kontos, G. (2001). Laptop university: a faculty perspective. *AACE Review (formerly AACE Journal)*, 9(1), 32–47. Recuperado de <https://www.learntechlib.org/primary/p/17787/>
- Kusnetzky, D. (2011). *Virtualization: A manager's guide*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.
- Laureano, M., & Maziero, C. (2008). Virtualização: Conceitos e aplicações em segurança. In *Minicursos do viii simpósio brasileiro de segurança da informação e de sistemas computacionais* (p. 1–50). SBC. doi: [10.5753/sbc.9691.4.4](https://doi.org/10.5753/sbc.9691.4.4)
- López, D. E. M., Acevedo, M. A. E., Rodríguez, G. G., Michel, J. R. P., & Peláez, R. M. (2021). Implementación de gestión de servicios de tecnologías de la información desde el diseño de un laboratorio universitario para la enseñanza de redes de cómputo. *Pistas Educativas*, 43(139).
- Mello, C. A. B. d. (2012). *Curso de direito administrativo* (29a. ed.). Malheiros.
- Nishimura, D. G. M., & Ribeiro, P. E. (2018). A utilização da consumerização de ti e byod na área profissional na perspectiva dos funcionários. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*(240). Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/02/consumerizacao-byod-funcionarios.html>
- Oliveira, V. C. (2012). *Impactos da variação de aplicações e de hardware local na vazão de redes de computadores com virtualização de desktops* (Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Brasil). Recuperado de <http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/xmlui/handle/123456789/15008>
- Pires, A. J. A. C. P. (2017). *Implementação de um sistema de virtualização de postos de trabalho na faculdade de ciências e tecnologia* (Tese de Doutorado, Universidade do Algarve, Portugal). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10400.1/9976>
- Portnoy, M. (2012). *Virtualization essentials* (v. 19). John Wiley & Sons.
- Provenzi, A. (2012). *Sistema de apoio a decisão para justificar investimentos em tecnologia da informação* (Monografia de Graduação, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil). Recuperado de <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/67491>
- Rossi, F. D., Brandolt, J. F., Roza, M. P., Roza, J. C., & Wagner, R. (2011). Infraestrutura virtualizada em laboratórios de computação: novas perspectivas de expansão para o ensino. In *Cacic 20211 - xvii congresso argentino de ciencias de la computacion*. Sedici. Recuperado de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18716/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18716/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Saddy, A. (2014). Locação de bens e serviços de informática no estado do rio de janeiro (rental of informatics goods and services in the state of rio de janeiro). *SSRN Electronic Journal*, 27(7), 699–710. doi: [10.2139/ssrn.2618457](https://doi.org/10.2139/ssrn.2618457)
- Sahoo, J., Mohapatra, S., & Lath, R. (2010). Virtualization: A Survey on Concepts, Taxonomy and Associated Security Issues. In *2010 second international conference on computer and network technology* (p. 222–226). IEEE. doi: [10.1109/iccnt.2010.49](https://doi.org/10.1109/iccnt.2010.49)
- Sanchez, O. P., & Cappellozza, A. (2012). Antecedentes da adoção da computação em nuvem: efeitos da infraestrutura, investimento e porte. *Revista de Administração Contemporânea*, 16(5), 646–663. doi: [10.1590/S1415-65552012000500002](https://doi.org/10.1590/S1415-65552012000500002)
- Silva, S. R. F., & Maçada, A. C. G. (2012). Consumerização de ti e seus efeitos no desempenho e na governança de ti. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, 4(3), 254–269.
- Tavares, S., Tori, R., Kofuji, S. T., Marcellos, L., & Garray, J. R. B. (2018). Internet das coisas na educação: estudo de caso e perspectivas. *South American Development Society Journal*, 4(10), 99–112. doi: [10.24325/issn.2446-5763.v4i10p99-112](https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v4i10p99-112)
- Yaqub, N. (2012). *Comparison of virtualization performance: VMware and kvm* (Master Thesis, Network and System Administration, Department of Informatics, University of Oslo). Recuperado de <https://www.duo.uio.no/handle/10852/34900>

Yoo, S., Kim, S., Kim, T., Baek, R.-M., Suh, C. S., Chung, C. Y., & Hwang, H. (2012). Economic analysis of cloud-based desktop virtualization implementation at a hospital. *BMC medical informatics and decision making*, 12(119), 2–6. Recuperado de <http://www.biomedcentral.com/1472-6947/12/119>

Youchun, T., & Jianpeng, H. (2009). Design of management system for computer laboratory based on itil. In *2009 4th international conference on computer science & education* (p. 568–571). IEEE. doi: [10.1109/iccse.2009.5228366](https://doi.org/10.1109/iccse.2009.5228366)

---

Como citar este artigo (APA):

Frinhani, R. M. D., Mattedi, A. P. & Souza, R. C. (2023). Um estudo comparativo entre modelos de utilização de equipamentos de tecnologia da informação para práticas em laboratórios de computação. *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*, 12, 1 – 15. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.5380/atoz.v12.87687>

## NOTAS DA OBRA E CONFORMIDADE COM A CIÊNCIA ABERTA

### CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

| Papéis e contribuições   | Rafael de Magalhães Dias Frinhani | Adriana Prest Mattedi | Rarish Costa Souza |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Concepção do manuscrito  | X                                 |                       |                    |
| Escrita do manuscrito    | X                                 | X                     | X                  |
| Metodologia              | X                                 | X                     |                    |
| Curadoria dos dados      |                                   |                       | X                  |
| Discussão dos resultados | X                                 | X                     | X                  |
| Análise dos dados        | X                                 | X                     | X                  |

### EQUIPE EDITORIAL

#### Editora/Editor Chefe

Paula Carina de Araújo (<https://orcid.org/0000-0003-4608-752X>)

#### Editora/Editor Associada/Associado

Helza Ricarte Lanz (<https://orcid.org/0000-0002-6739-2868>)

#### Editora/Editor de Texto Responsável

Suzana Zulpo Pereira (<https://orcid.org/0000-0003-2440-9938>)

Seção de Apoio às Publicações Científicas Periódicas - Sistema de Bibliotecas (SiBi) da Universidade Federal do Paraná - UFPR

#### Editora/Editor de Layout

Felipe Lopes Roberto (<https://orcid.org/0000-0001-5640-1573>)