v7.n11.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

AUTOMAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS EM AMBIENTE BIM UTILIZANDO DYNAMO E INTEGRAÇÃO COM SINAPI

AUTOMATION OF QUANTITY TAKE-OFF IN A BIM ENVIRONMENT USING DYNAMO AND INTEGRATION WITH SINAPI

AUTOMATIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE CANTIDADES EN UN ENTORNO BIM MEDIANTE DYNAMO E INTEGRACIÓN CON EL SINAPI

Vitor Goes Daros[1], Idalci Cruvinel dos Reis[2], Bacus de Oliveira Nahime[3], Marcelo Augusto Rozan dos Santos[4], Alberto Barella Netto[5]

e7119232
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i11.9232

PUBLICADO: 11/2026

RESUMO

A extração de quantitativos para orçamentação ainda depende, em muitos fluxos de trabalho, de conferências manuais, transcrições entre programas e planilhas com rastreabilidade limitada. Este artigo apresenta e avalia um fluxo automatizado para extração de quantitativos em ambiente BIM, utilizando Autodesk Revit, Dynamo, programação auxiliar em Python e planilhas organizadas segundo uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP), com serviços associados ao SINAPI. A pesquisa-ação foi desenvolvida em sete etapas: modelagem, parametrização, integração com a base de custos, automação, organização da EAP, exportação e validação. O estudo foi aplicado ao modelo arquitetônico de uma edificação residencial e comparou paredes compostas com paredes modeladas por camadas separadas. A validação considerou rastreabilidade, completude, coerência entre unidade e quantidade, reprodutibilidade, revisão técnica e contribuição potencial à eficiência de recursos. Os resultados mostraram que a padronização dos parâmetros permitiu classificar elementos e materiais, organizar os quantitativos por EAP e gerar uma planilha orçamentária editável, mantendo o vínculo com o modelo. A modelagem por camadas separadas apresentou maior aderência à decomposição dos serviços, enquanto a parede composta simplificou a modelagem. O fluxo reduziu a necessidade de reorganização manual dos dados no ciclo analisado. Sua contribuição à sustentabilidade é indireta, pois inventários de materiais mais rastreáveis podem apoiar estimativas futuras de consumo e resíduos, embora o desempenho ambiental não tenha sido mensurado. Conclui-se que o método oferece uma alternativa reprodutível para apoiar a orçamentação baseada em BIM.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem da informação da construção. Extração de quantitativos. Pesquisa-ação. Estrutura Analítica do Projeto. Eficiência de recursos.

ABSTRACT

Quantity take-off for cost estimating still relies, in many workflows, on manual checks, data transfers between software applications, and spreadsheets with limited traceability. This paper presents and evaluates an automated workflow for quantity take-off in a BIM environment using Autodesk Revit, Dynamo, auxiliary Python programming, and spreadsheets organised according to a Work Breakdown Structure (WBS), with services linked to SINAPI.

[1] Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil.
[2] Doutor em Ciências dos Materiais, Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil.
[3] Doutor em Ciências dos Materiais, Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil.
[4] Doutor em Engenharia Mecânica, Professor Titular na Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil.
[5] Doutor em Administração, Professor Titular na Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

The action research comprised seven stages: modelling, parameterisation, integration with the cost database, automation, WBS organisation, export, and validation. The study was applied to an architectural model of a residential building and compared compound walls with walls modelled as separate layers. Validation addressed traceability, completeness, consistency between units and quantities, reproducibility, technical review, and potential support for resource efficiency. The results showed that standardised parameters enabled the classification of elements and materials, the organisation of quantities by WBS, and the generation of an editable cost-estimate spreadsheet while retaining links to the model. Separate-layer modelling aligned more closely with service decomposition, whereas compound walls simplified modelling. The workflow reduced the need for manual data reorganisation in the cycle examined. Its contribution to sustainability is indirect, because more traceable material inventories may support future estimates of consumption and waste, although environmental performance was not measured. The method therefore provides a reproducible alternative for BIM-based cost estimating.

KEYWORDS: *Building information modelling. Quantity take-off. Action research. Work Breakdown Structure. Resource efficiency.*

RESUMEN
La extracción de cantidades para la elaboración de presupuestos todavía depende, en muchos flujos de trabajo, de comprobaciones manuales, transferencias de datos entre aplicaciones informáticas y hojas de cálculo con trazabilidad limitada. Este artículo presenta y evalúa un flujo automatizado para la extracción de cantidades en un entorno BIM mediante Autodesk Revit, Dynamo, programación auxiliar en Python y hojas de cálculo organizadas según una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), con servicios vinculados al SINAPI. La investigación-acción comprendió siete etapas: modelado, parametrización, integración con la base de costes, automatización, organización de la EDT, exportación y validación. El estudio se aplicó al modelo arquitectónico de una edificación residencial y comparó paredes compuestas con paredes modeladas por capas separadas. La validación consideró la trazabilidad, la integridad, la coherencia entre unidades y cantidades, la reproducibilidad, la revisión técnica y el apoyo potencial a la eficiencia en el uso de recursos. Los resultados mostraron que los parámetros estandarizados permitieron clasificar elementos y materiales, organizar las cantidades según la EDT y generar una hoja de cálculo presupuestaria editable, manteniendo los vínculos con el modelo. El modelado por capas separadas presentó una mayor correspondencia con la descomposición de los servicios, mientras que las paredes compuestas simplificaron el modelado. El flujo redujo la necesidad de reorganizar manualmente los datos durante el ciclo analizado. Su contribución a la sostenibilidad es indirecta, ya que los inventarios de materiales con mayor trazabilidad pueden respaldar futuras estimaciones de consumo y residuos, aunque no se evaluó el desempeño ambiental. Por lo tanto, el método ofrece una alternativa reproducible para la elaboración de presupuestos basada en BIM.

PALABRAS CLAVE: *Modelado de información de la construcción. Extracción de cantidades. Investigación-acción. Estructura de Desglose del Trabajo. Eficiencia en el uso de recursos.*

1. **INTRODUÇÃO**

A elaboração de orçamentos de edificações exige que os quantitativos de projeto sejam extraídos, conferidos e organizados de modo compatível com os critérios de medição e com as bases referenciais de custos. Quando essa etapa é realizada manualmente, a confiabilidade do

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

orçamento depende de leituras sucessivas de desenhos, transcrições para planilhas e revisões que nem sempre preservam o vínculo entre o elemento projetado e o item orçamentário correspondente. Essa condição amplia a possibilidade de omissões, duplicidades e inconsistências na memória de cálculo (MONTEIRO; MARTINS, 2013; ALATHAMNEH; COLLINS; AZHAR, 2024).

A Modelagem da Informação da Construção, doravante referida como BIM, permite que elementos construtivos sejam tratados como objetos portadores de geometria e informação (EASTMAN *et al.*, 2014; SUCCAR, 2009). No entanto, a simples existência de um modelo tridimensional não garante a extração adequada de quantitativos. Para que o modelo seja útil à orçamentação, os elementos precisam estar organizados por categorias, parâmetros, unidades e descrições capazes de dialogar com uma estrutura de custos. Assim, a qualidade da informação inserida no modelo é tão relevante quanto a geometria representada.

No contexto brasileiro, o SINAPI constitui uma base referencial de composições e custos que pode ser associada a modelos BIM por meio de códigos, descrições, unidades de medição e valores unitários (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2023; ANDRADE; BIOTTO; SERRA, 2021). Essa integração ainda ocorre de forma fragmentada em muitos fluxos: o modelo é utilizado para visualização ou conferência geométrica, enquanto a composição orçamentária permanece dependente de processos externos e pouco automatizados. O problema central, portanto, não é apenas modelar a edificação, mas transformar os dados do modelo em insumos orçamentários verificáveis.

A programação visual por meio do Dynamo oferece recursos para automatizar tarefas repetitivas no Revit, enquanto rotinas auxiliares em Python permitem tratar filtragens, listas e operações específicas do fluxo (SEGHIER *et al.*, 2025; TRAN *et al.*, 2025). Essa combinação favorece a padronização do preenchimento de parâmetros e a transferência estruturada das informações para as planilhas.

Embora a literatura utilize a expressão BIM 5D para tratar da relação entre modelo e custos, o presente artigo delimita seu escopo à automação da extração quantitativa e à integração orçamentária em ambiente BIM (EASTMAN *et al.*, 2014; ALATHAMNEH; COLLINS; AZHAR, 2024). Não se pretende implementar uma plataforma completa de custos ao longo do ciclo de vida, nem avaliar planejamento físico-financeiro ou simulação 4D. A delimitação corresponde ao que foi efetivamente desenvolvido: modelagem parametrizada, rotinas no Dynamo e em Python, exportação de dados e organização de planilhas vinculadas a serviços.

A lacuna prática abordada neste estudo está na ausência de um fluxo simples, reprodutível e tecnicamente verificável para transformar informações de elementos e materiais

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

modelados no Revit em planilhas orçamentárias editáveis e organizadas por EAP. O Excel foi mantido como ambiente de consolidação, revisão e memória de cálculo, em vez de ser substituído por ferramentas especializadas de maior complexidade.

O objetivo deste artigo é desenvolver e avaliar um fluxo automatizado para extração de quantitativos em ambiente BIM, utilizando Dynamo, programação auxiliar em Python e integração com planilhas estruturadas segundo uma EAP e parâmetros associados ao SINAPI. Como objetivos específicos, busca-se: definir a estrutura mínima de parâmetros necessária à orçamentação; organizar a EAP em categorias, grupos e serviços; desenvolver rotinas para preenchimento e exportação de dados; comparar a parede composta e a modelagem por camadas separadas quanto à extração de quantitativos; verificar a rastreabilidade, a coerência e a reprodutibilidade do fluxo; e discutir sua contribuição potencial à eficiência no uso de recursos. Como resultados esperados, previu-se a obtenção de quantitativos rastreáveis, uma planilha editável vinculada ao modelo, maior aderência entre as estratégias de modelagem e os critérios de medição e uma base informacional capaz de apoiar análises futuras de consumo de materiais e resíduos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Orçamentação baseada em BIM

A orçamentação baseada em BIM depende da articulação entre objetos modelados, propriedades informacionais e critérios de medição (MONTEIRO; MARTINS, 2013; ALATHAMNEH; COLLINS; AZHAR, 2024). Diferentemente de um levantamento manual, no qual o quantitativo é calculado a partir da interpretação de desenhos, o modelo BIM pode fornecer áreas, volumes, comprimentos e contagens diretamente associados aos elementos construtivos. Esses dados, contudo, só se tornam úteis ao orçamento quando são extraídos de modo padronizado e vinculados a itens de serviço reconhecíveis.

Nesse sentido, a principal contribuição do BIM para a orçamentação não está apenas na velocidade de obtenção das quantidades, mas na rastreabilidade. Quando um quantitativo é extraído de uma tabela do Revit e exportado para uma planilha, torna-se possível verificar a origem da informação, revisar o elemento responsável pelo valor e atualizar o resultado caso a modelagem seja alterada. Essa rastreabilidade é um requisito técnico importante para reduzir erros e justificar decisões em processos de contratação e acompanhamento de obras.

A literatura sobre aplicação do BIM em orçamentos ressalta que a confiabilidade dos resultados depende da consistência entre modelagem, classificação dos elementos e estrutura

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de custos (MONTEIRO; MARTINS, 2013; ALATHAMNEH; COLLINS; AZHAR, 2024). Um modelo sem parâmetros adequados pode produzir tabelas incompletas ou ambíguas, exigindo correções manuais posteriores. Por outro lado, um modelo parametrizado desde o início permite que a extração se aproxime de um procedimento sistemático, com menor dependência da interpretação individual do orçamentista.

2.2. Parametrização e bases referenciais de custos

A parametrização corresponde à definição de campos de informação associados aos elementos e materiais do modelo, sendo etapa compatível com os princípios de gestão da informação estabelecidos pela ABNT NBR ISO 19650-1 (ABNT, 2019). Para fins orçamentários, esses campos devem registrar dados como código do serviço, descrição, unidade, quantidade, categoria, pavimento e eventual composição de referência. A ausência desses campos obriga o usuário a reconstruir a relação entre modelo e orçamento fora do ambiente BIM, geralmente em planilhas desconectadas da fonte geométrica.

No caso de bases referenciais como o SINAPI, a integração exige cuidado adicional, pois as composições de custos possuem códigos, descrições e unidades próprias que precisam ser compatibilizadas com os dados extraídos do modelo (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2023). Os serviços são organizados por códigos, descrições e unidades que nem sempre coincidem diretamente com as categorias nativas do programa de modelagem. Uma parede, por exemplo, pode envolver alvenaria, chapisco, emboço, massa, pintura e outros serviços. Se o elemento for tratado como objeto único, a extração pode ser insuficiente para separar os serviços. Se for modelado por camadas independentes, a associação com a planilha pode se tornar mais precisa, embora demande maior controle na modelagem.

Desse modo, a integração entre BIM e SINAPI deve ser entendida como uma relação entre estrutura de informação e critérios de medição. Não basta importar uma lista de preços; é necessário definir quais parâmetros receberão códigos, quais elementos serão medidos, quais unidades serão utilizadas e como os dados serão exportados. A automação no Dynamo atua exatamente nesse ponto, conectando a informação externa da planilha aos objetos modelados e às tabelas de quantitativos.

2.3. Dynamo como camada de automação

O Dynamo é uma ferramenta de programação visual integrada ao Revit, utilizada para automatizar tarefas repetitivas, manipular listas de elementos, ler dados externos e escrever

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

informações em parâmetros (SEGHIER *et al.*, 2025; TRAN *et al.*, 2025). Sua lógica baseada em nós permite construir fluxos de processamento visual. Em tarefas específicas, blocos em Python podem ser inseridos para realizar filtragens, reorganização de dados ou operações que seriam excessivamente complexas apenas com nós visuais.

No fluxo proposto, o Dynamo é utilizado como camada intermediária entre o modelo e a planilha. A rotina lê dados de arquivos externos, identifica elementos ou materiais do modelo, compara descrições e parâmetros, preenche campos de código e unidade e organiza tabelas para exportação. Essa configuração evita que o usuário copie manualmente informações entre Revit e Excel, reduzindo a probabilidade de erro de transcrição.

A automação, contudo, não elimina a necessidade de validação. As rotinas dependem de entradas consistentes, parâmetros corretamente nomeados e elementos modelados segundo a lógica de medição desejada. Por esse motivo, o método combina o desenvolvimento das rotinas visuais e dos blocos em Python com ciclos de observação e ajuste, característica compatível com a pesquisa-ação.

2.4. Pesquisa-ação em estudos aplicados

A pesquisa-ação é adequada a estudos em que o pesquisador participa do desenvolvimento e da avaliação de uma solução técnica (THIOLLENT, 2011; TRIPP, 2005). Segundo Thiollent (2011), essa abordagem combina produção de conhecimento e intervenção prática, permitindo que o problema investigado seja tratado em ciclos de ação e reflexão. Tripp (2005) também destaca o caráter iterativo da pesquisa-ação, no qual planejamento, implementação, observação e avaliação se retroalimentam.

No presente estudo, a pesquisa-ação permite justificar a construção progressiva do fluxo automatizado. O método não foi definido integralmente antes da aplicação; ele foi ajustado conforme surgiram problemas de parametrização, nomenclatura, separação de camadas e exportação de tabelas. Essa característica é coerente com o desenvolvimento de rotinas em ambiente BIM, pois pequenas inconsistências no modelo podem exigir revisão da lógica de automação.

2.5. Estratégias de modelagem de paredes

A documentação do Revit denomina como parede composta o elemento único cuja estrutura reúne duas ou mais camadas verticais, cada qual com função, material e espessura definidos (AUTODESK, 2023). A expressão “parede cebola” não corresponde a uma categoria

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

normativa ou a uma classe oficial do programa. Trata-se de jargão profissional empregado para descrever a modelagem em que as camadas do sistema de parede são criadas como elementos independentes. Por precisão terminológica, este artigo adota “parede composta” e “modelagem por camadas separadas”.

Maccarini *et al.* (2022) compararam paredes compostas com aplicação de peças e paredes por camadas separadas. Khosakitchalert, Yabuki e Fukuda (2019, 2020) demonstraram que elementos compostos podem apresentar problemas de quantificação quando as dimensões e sobreposições das camadas não representam a execução, propondo a separação das camadas em elementos individuais para aumentar a precisão. A ABNT NBR ISO 19650-1, por sua vez, orienta a gestão da informação em BIM, mas não prescreve essas duas técnicas de modelagem.

2.6. Sustentabilidade e eficiência de recursos

A contribuição do fluxo à sustentabilidade está relacionada à qualidade da informação sobre materiais, e não à avaliação direta de desempenho ambiental. Inventários quantitativos rastreáveis podem subsidiar o planejamento de compras, a identificação de excedentes e estudos posteriores de geração de resíduos. Guerra *et al.* (2019), por exemplo, utilizaram quantitativos extraídos de modelos BIM e registros de aquisição para automatizar a estimativa de resíduos de concreto e placas de gesso. No presente estudo, essa dimensão foi tratada como contribuição potencial, pois não foram mensurados consumo real, perdas, resíduos, emissões ou impactos de ciclo de vida.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi organizada como pesquisa-ação aplicada ao desenvolvimento de um fluxo automatizado para extração de quantitativos e integração orçamentária em ambiente BIM, seguindo ciclos de planejamento, ação, observação e reflexão (THIOLLENT, 2011; TRIPP, 2005). A unidade de análise foi um modelo arquitetônico residencial elaborado no Revit. O método foi estruturado em sete etapas técnicas: modelagem BIM; estruturação dos parâmetros; integração com o SINAPI; desenvolvimento das rotinas no Dynamo e em Python; organização das planilhas segundo a EAP; exportação automatizada; e validação dos quantitativos.

A Figura 1 sintetiza o encadeamento geral do método, evidenciando a passagem do modelo BIM parametrizado para a automação no Dynamo e, posteriormente, para a planilha orçamentária estruturada.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

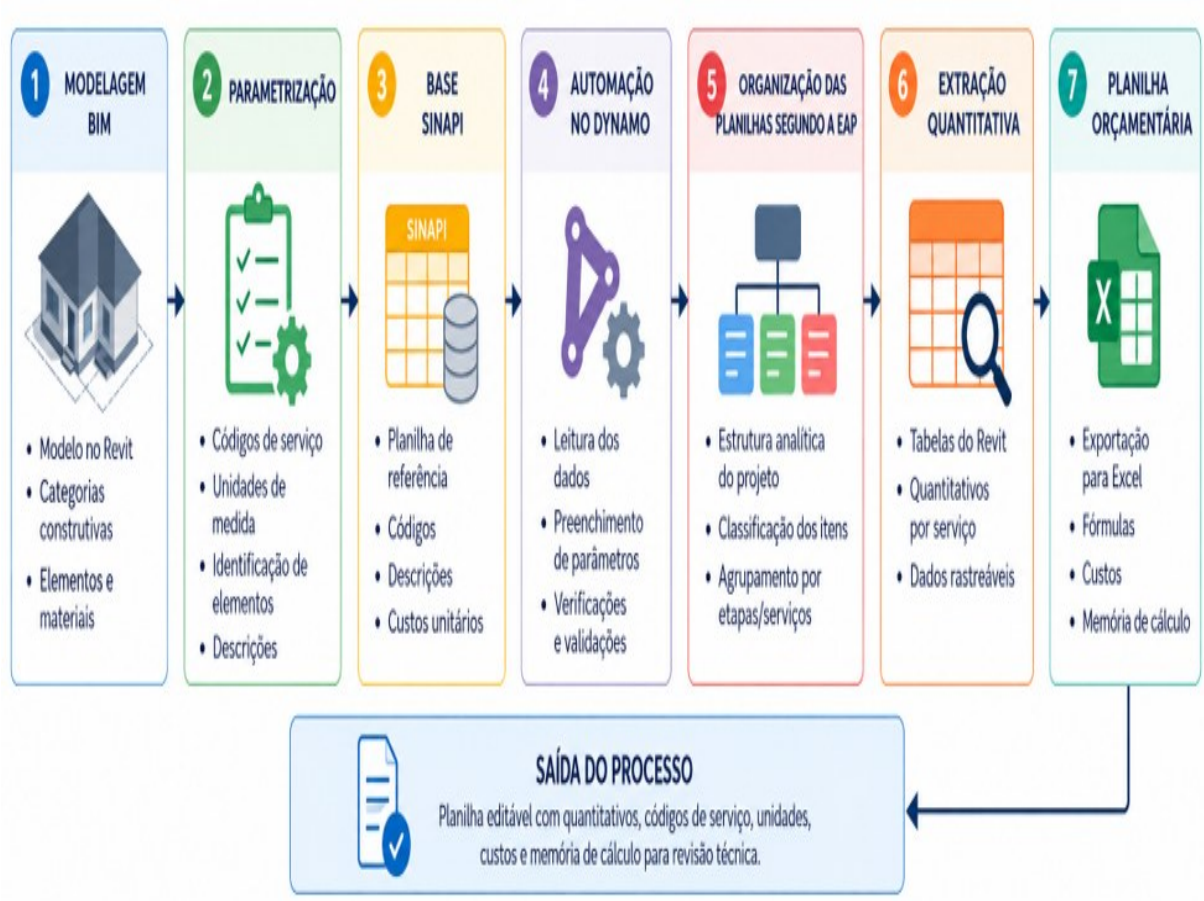


Figura 1. Fluxo geral de automação da extração quantitativa e integração orçamentária. Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio de inteligência artificial, OpenAI Codex (2026).

3.1. Modelagem BIM

A primeira etapa consistiu na preparação do modelo arquitetônico no Revit, considerando que a qualidade do modelo condiciona a confiabilidade dos quantitativos extraídos (EASTMAN *et al.*, 2014; MONTEIRO; MARTINS, 2013). Foram considerados elementos relevantes para a composição orçamentária, como paredes, pisos, forros, telhamento e esquadrias. A modelagem foi orientada tanto pela representação geométrica quanto pela extração posterior de informações. Os elementos foram organizados por categorias e propriedades legíveis pelas tabelas do Revit e pelas rotinas do Dynamo.

A modelagem das paredes recebeu atenção específica por representar um ponto crítico na extração de quantitativos. Foram avaliadas duas estratégias: parede composta e modelagem por camadas separadas. Na parede composta, as camadas de materiais são reunidas em um

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

único elemento, o que simplifica a modelagem e reduz a quantidade de objetos no arquivo. Na modelagem por camadas separadas, cada componente do sistema construtivo é representado separadamente, permitindo maior controle sobre as quantidades associadas a serviços de alvenaria, revestimento e pintura.

A escolha entre essas estratégias influencia diretamente a forma como o orçamento é estruturado. A parede composta pode ser suficiente para estimativas mais sintéticas, mas tende a exigir tratamento adicional quando se deseja separar serviços por composição. A parede por camadas, por sua vez, facilita o vínculo entre cada camada e um item orçamentário específico, desde que o modelo seja construído com maior rigor.

3.2. Estruturação dos parâmetros

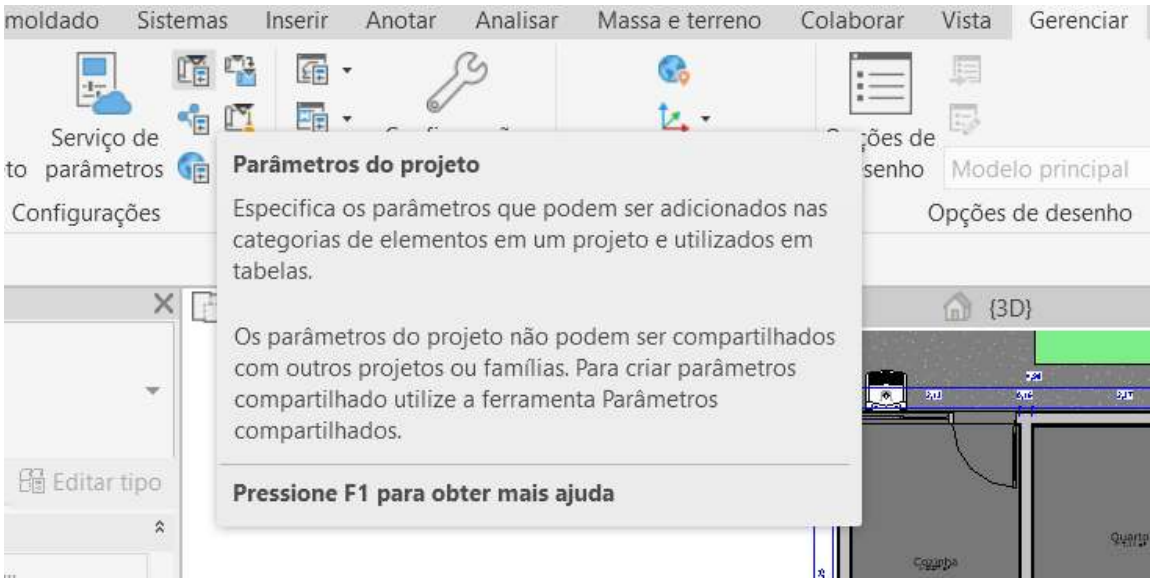
A segunda etapa consistiu na definição dos parâmetros necessários para transformar elementos modelados em dados orçamentários, em consonância com recomendações de estruturação e gestão da informação em BIM (ABNT, 2019; SUCCAR, 2009). Foram considerados parâmetros de identificação do serviço, unidade de medição, descrição, código de referência e categoria construtiva. Esses campos foram organizados de modo a permitir a leitura pelo Dynamo e a posterior exportação para planilhas. A padronização dos nomes dos parâmetros foi tratada como condição essencial para evitar falhas nas rotinas.

A estrutura de parâmetros foi dividida em dois grupos: parâmetros de elementos e parâmetros de materiais. Os parâmetros de elementos foram utilizados para objetos como paredes, pisos, telhados e esquadrias, permitindo associar o componente construtivo a um serviço ou grupo de serviços. Os parâmetros de materiais foram utilizados quando a informação precisava ser vinculada a camadas específicas, como alvenaria, emboço, pintura ou revestimento. Essa distinção evitou que serviços distintos fossem agrupados indevidamente em um mesmo elemento.

A organização dos parâmetros também considerou a necessidade de conferência posterior. Por isso, os dados exportados para a planilha mantiveram campos que permitem rastrear a origem da informação, como categoria do elemento, descrição, código e unidade. A intenção foi evitar que a planilha final se tornasse apenas um resultado numérico, sem relação verificável com o modelo que a originou. A Figura 2 exemplifica a configuração dos parâmetros no ambiente do Revit, demonstrando a etapa em que o modelo passa a receber os campos necessários para posterior leitura e exportação.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 2. Configuração de parâmetros do projeto para apoio à extração orçamentária



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com base nessa lógica, o Quadro 1 resume os parâmetros mínimos utilizados para conectar o modelo BIM à planilha orçamentária.

Quadro 1. Parâmetros mínimos utilizados para integração entre modelo BIM e planilha orçamentária

Parâmetro	Aplicação	Função no fluxo
Descrição	Elementos e materiais	Identificar o serviço ou componente que será associado à base de custos.
Código	Elementos e materiais	Registrar o código de referência utilizado na planilha orçamentária.
Unidade	Elementos e materiais	Definir a unidade de medição aplicável ao quantitativo extraído.
Quantidade	Tabelas do Revit	Armazenar área, volume, comprimento ou contagem conforme a categoria.
Categoria	Elementos	Permitir filtragem e agrupamento das informações exportadas.
Pavimento/ambiente	Elementos	Apoiar rastreabilidade espacial e conferência da memória de cálculo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3.3. Integração com SINAPI

A terceira etapa envolveu a preparação da planilha externa associada ao SINAPI, base referencial brasileira de composições e custos (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2023). A planilha foi organizada com campos de código, descrição do serviço, unidade de medição e custo unitário. Essa estrutura funcionou como base de consulta para o preenchimento dos parâmetros no Revit e para a composição posterior da planilha orçamentária. A integração não consistiu na importação automática de toda a base, mas no vínculo entre serviços selecionados e elementos efetivamente modelados.

Essa delimitação foi necessária para manter o método reprodutível e adequado ao escopo do estudo. A base SINAPI possui grande quantidade de composições, mas nem todas são relevantes para o modelo analisado. Assim, o fluxo priorizou os serviços correspondentes às categorias modeladas, reduzindo ruídos e tornando a associação mais controlável. O procedimento também facilitou a identificação de lacunas, como elementos sem código associado ou serviços sem unidade compatível.

A integração foi estruturada para que o Excel atuasse como base de dados e ambiente de consolidação, conferência e compartilhamento. O objetivo não foi eliminar a planilha, mas reduzir o trabalho manual necessário para alimentá-la a partir do modelo BIM e organizá-la segundo a EAP definida no estudo.

3.4. Desenvolvimento das rotinas no Dynamo e em Python

A quarta etapa correspondeu ao desenvolvimento das rotinas de programação visual no Dynamo, com blocos auxiliares em Python. A programação em Python integrou o método computacional ao executar operações de comparação, filtragem e reorganização de listas quando a combinação de nós visuais não era suficiente. Foram organizadas três rotinas principais: a Rotina 01, destinada à classificação de elementos; a Rotina 02, à classificação de materiais; e a Rotina 03, à organização e exportação das tabelas. Cada rotina foi estruturada em entradas, processamento e saídas verificáveis durante os ciclos da pesquisa-ação (SEGHIER *et al.*, 2025; TRAN *et al.*, 2025).

A Rotina 01 realiza a leitura dos elementos modelados, identifica categorias construtivas e verifica se os parâmetros necessários estão preenchidos. Quando há correspondência com os dados da planilha externa, a rotina associa códigos, unidades e descrições aos elementos. Quando há ausência de informação, o elemento é mantido como ponto de verificação. Essa lógica evita que o preenchimento automático oculte inconsistências do modelo (Figura 3).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

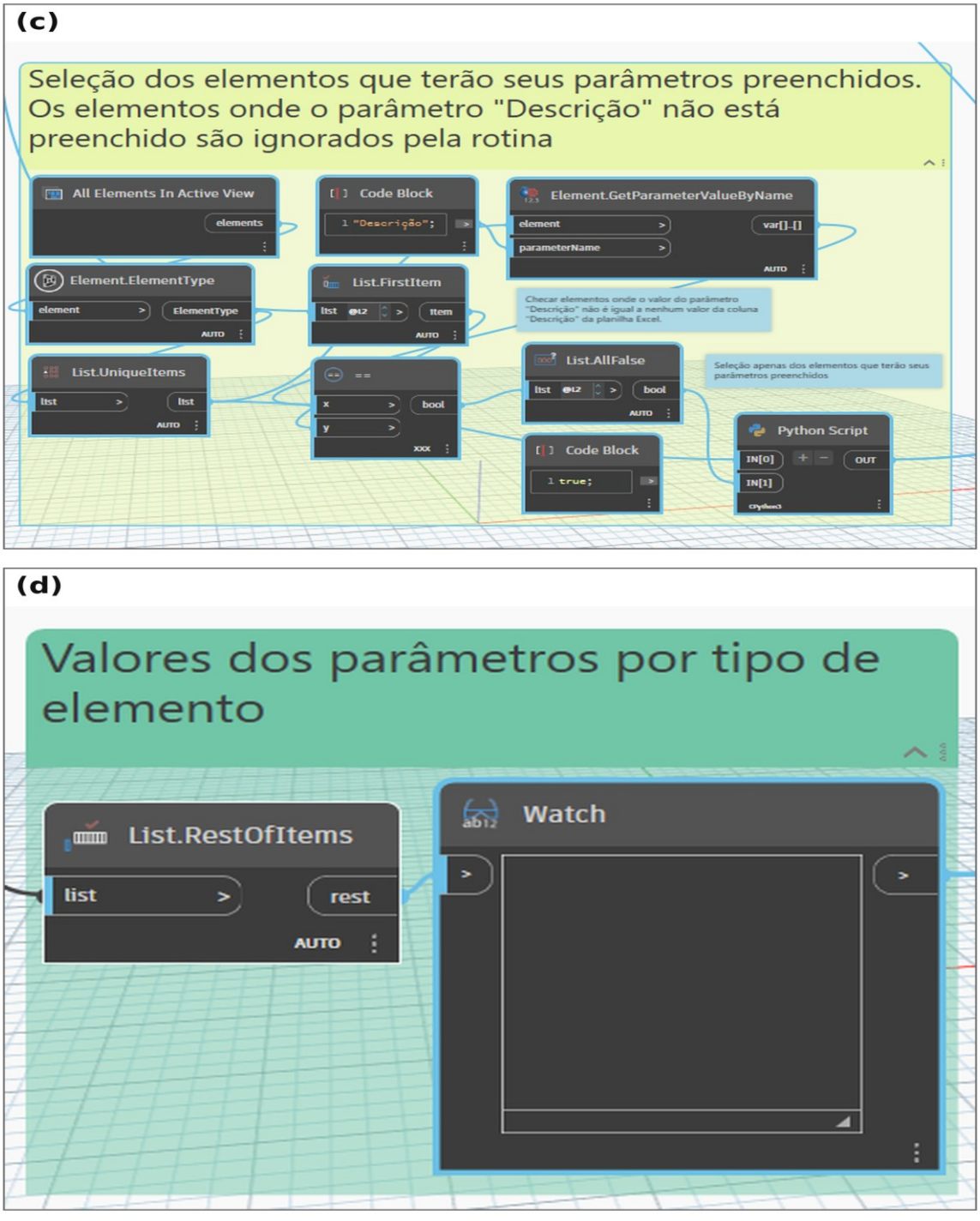
Figura 3-A. Rotina 01 para classificação de serviços vinculados aos elementos: A) Seleção dos códigos; B) Lista de Parâmetros



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

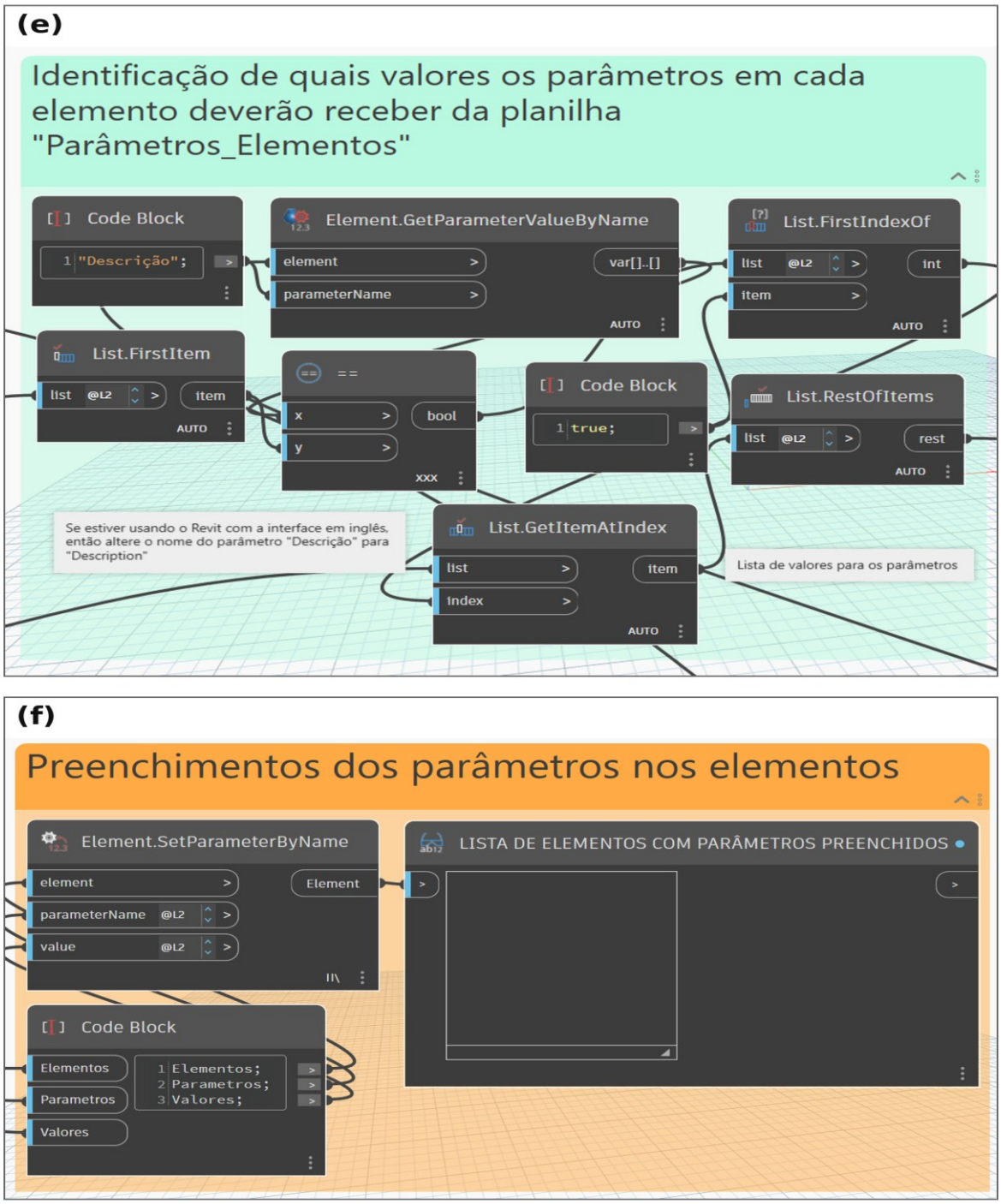
Figura 3-B. Rotina 01 para classificação de serviços vinculados aos elementos: C) Seleção dos elementos; D) Valores dos parâmetros



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 3-C. Rotina 01 para classificação de serviços vinculados aos elementos: E) Identificação dos valores; F) Preenchimento dos parâmetros

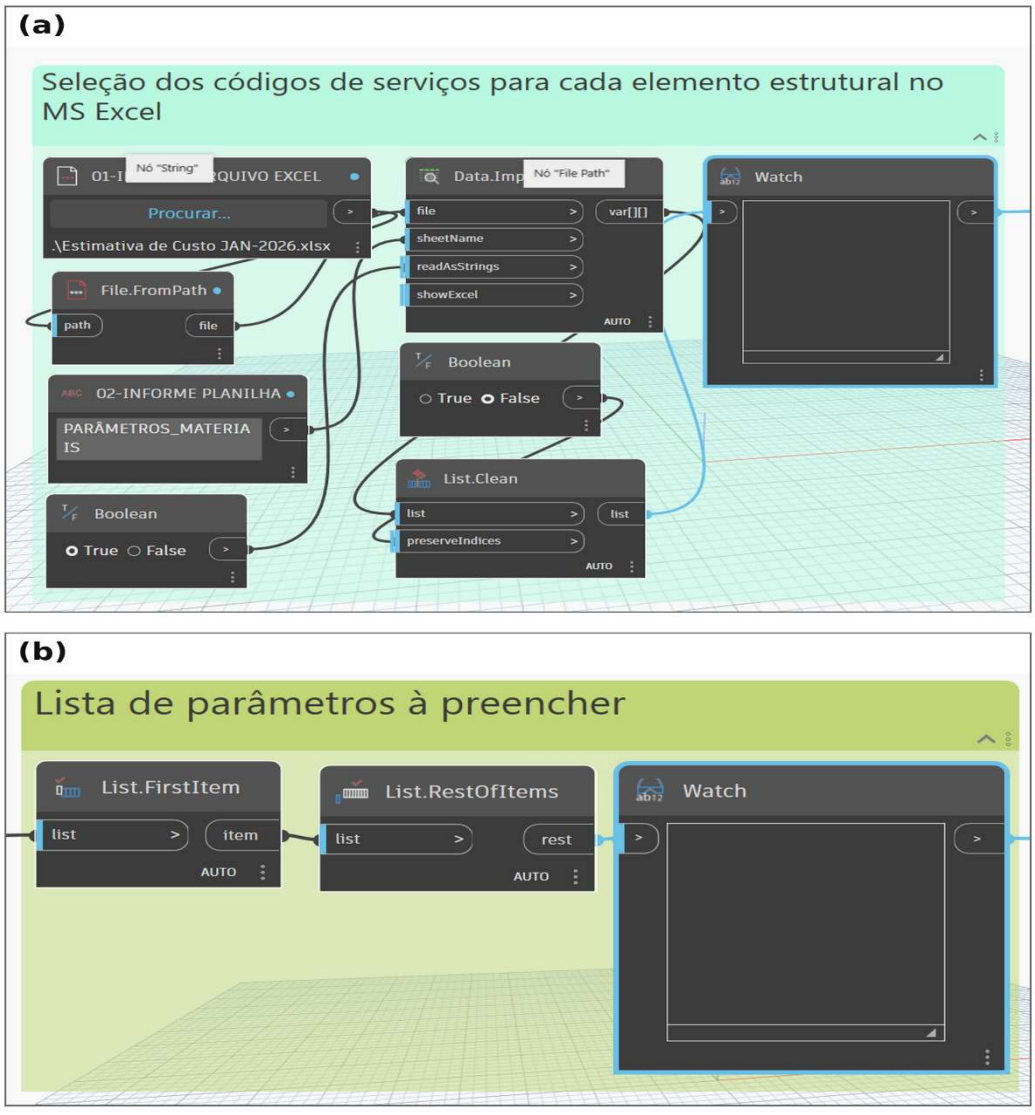


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A Rotina 02 opera sobre materiais e camadas. Sua finalidade é permitir que componentes como alvenaria, chapisco, emboço e pintura sejam tratados como itens distintos quando a modelagem por camadas separadas é adotada. A rotina lê descrições de materiais, compara os valores com a planilha de referência e preenche parâmetros correspondentes. Essa rotina foi essencial para aproximar a modelagem de paredes da lógica de composição de serviços (Figura 4).

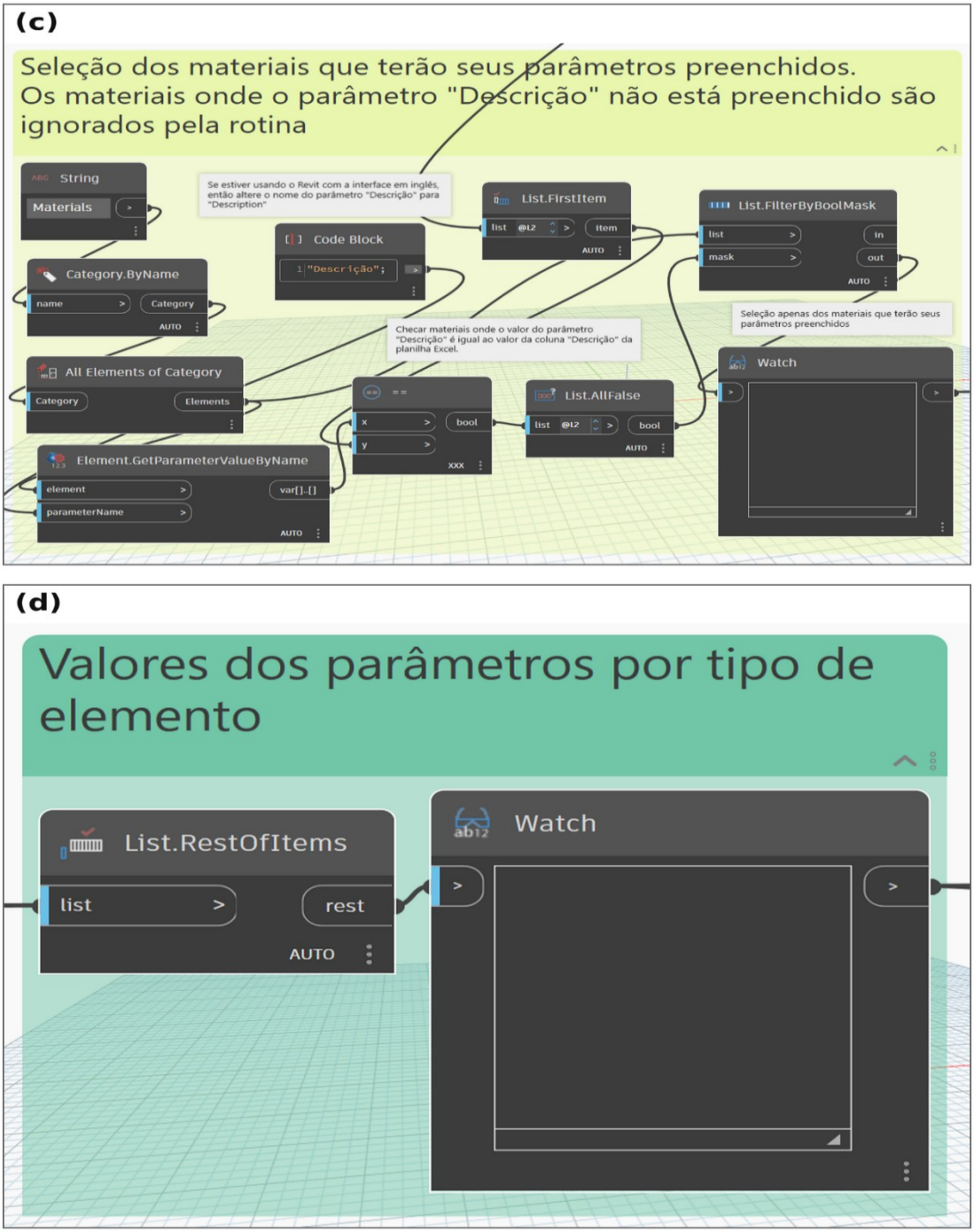
Figura 4-A. Rotina 02 para classificação de materiais e camadas construtivas: A) Seleção dos códigos; B) Lista de parâmetros



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

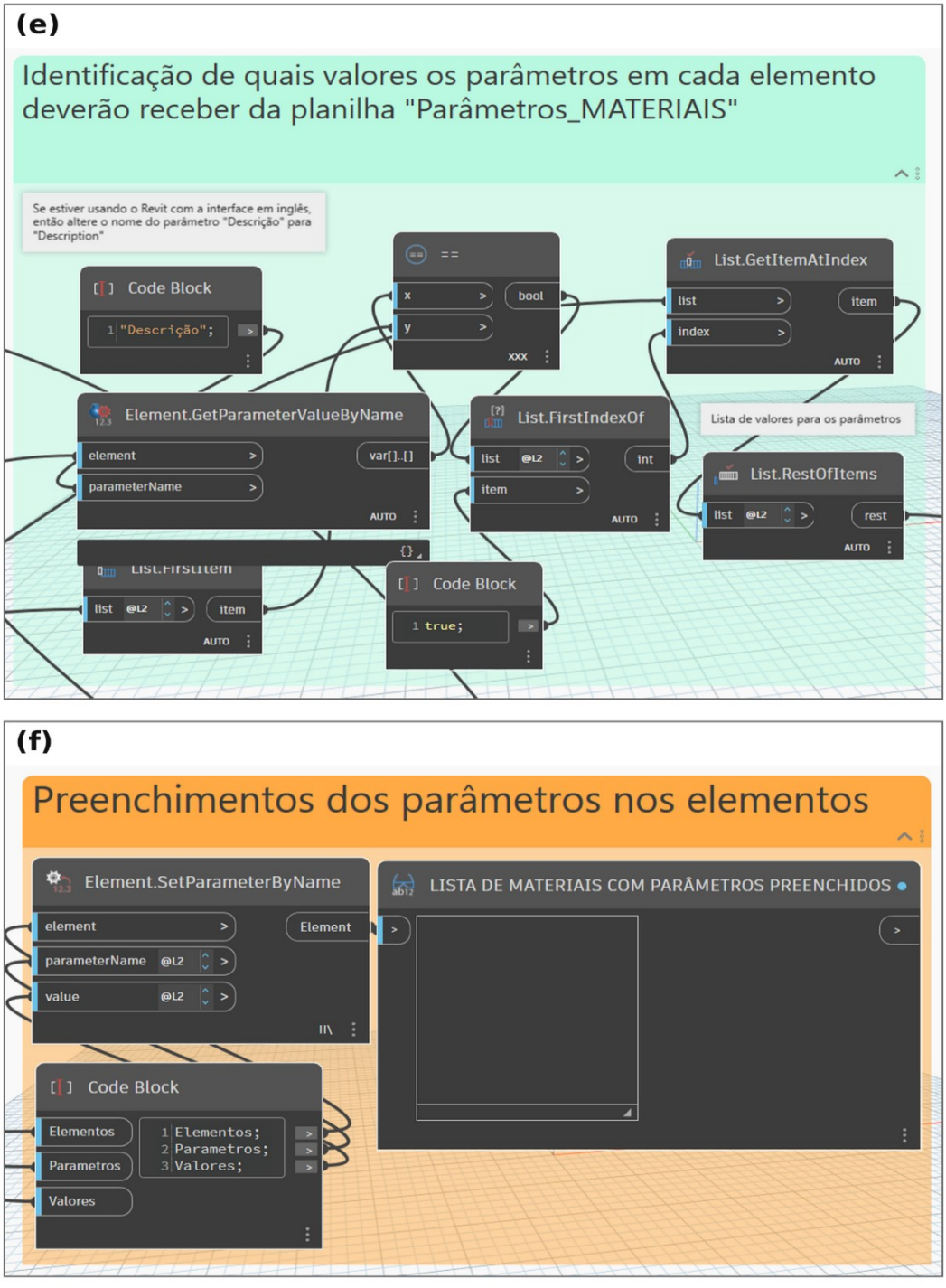
Figura 4-B. Rotina 02 para classificação de materiais e camadas construtivas: C) Seleção dos materiais; D) Valores dos parâmetros



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 4-C. Rotina 02 para classificação de materiais e camadas construtivas: E) Identificação dos valores; F) Preenchimento dos parâmetros

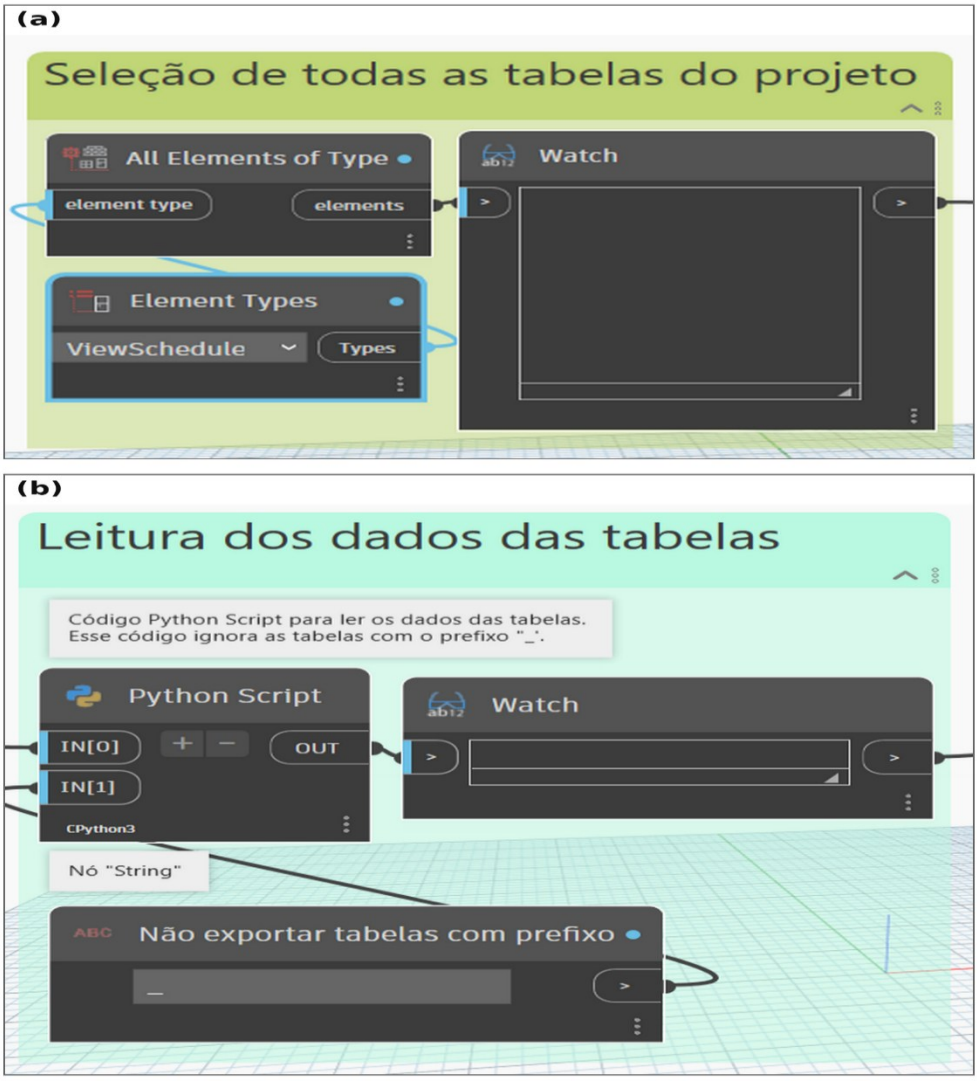


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A Rotina 03 organiza a exportação das tabelas. A rotina seleciona tabelas relevantes, estrutura listas de dados, reorganiza colunas e prepara fórmulas para consulta e cálculo em Excel. A exportação automatizada permite que a planilha resultante contenha não apenas quantidades, mas também campos de código, descrição, unidade e custo. Desse modo, a saída do processo deixa de ser uma tabela bruta e passa a constituir uma base inicial para a memória de cálculo (Figuras 5A a 5C).

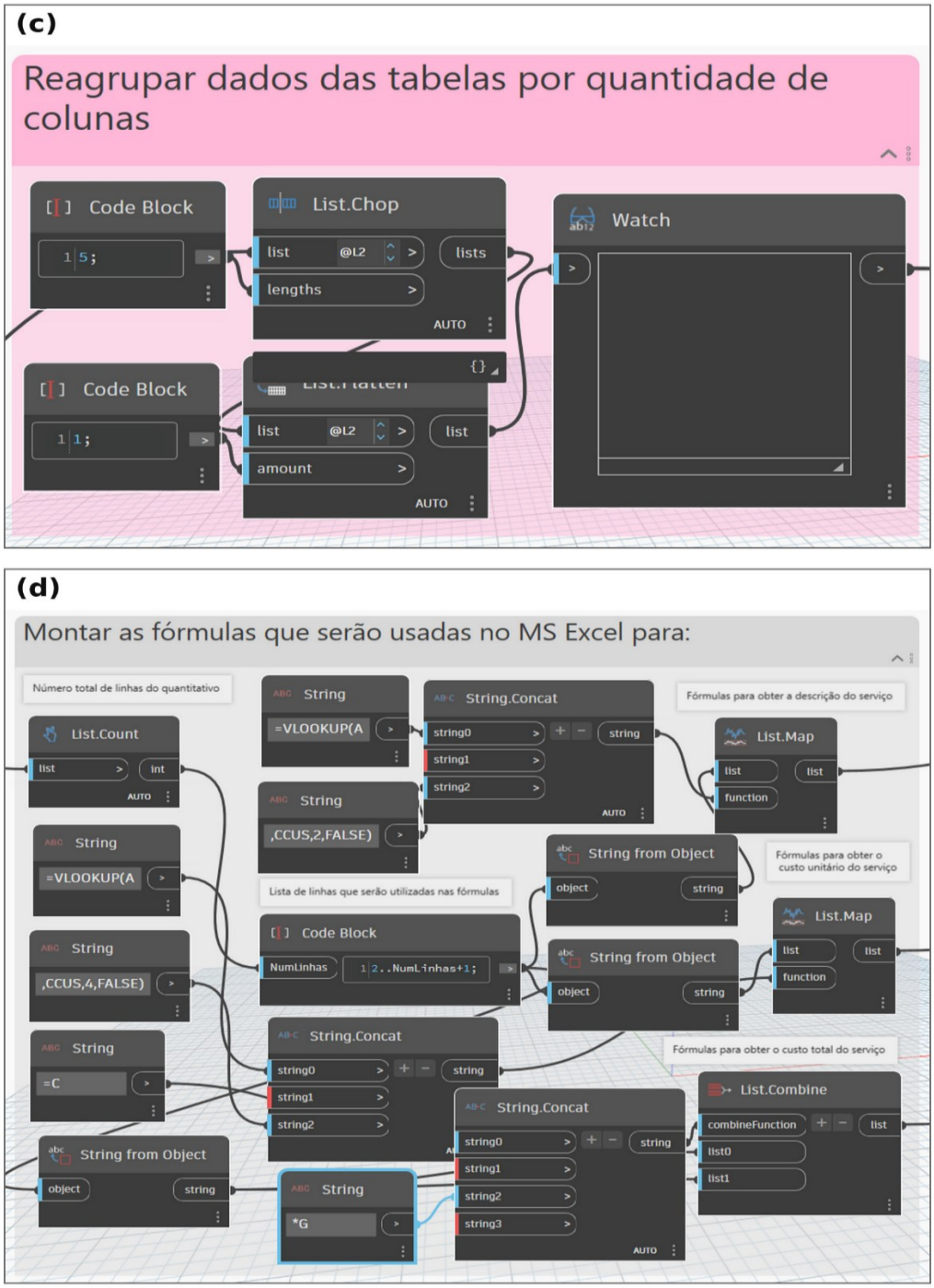
Figura 5-A. Rotina 03 para exportação dos dados para o Excel: A) Seleção das tabelas; B) Leitura dos dados



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

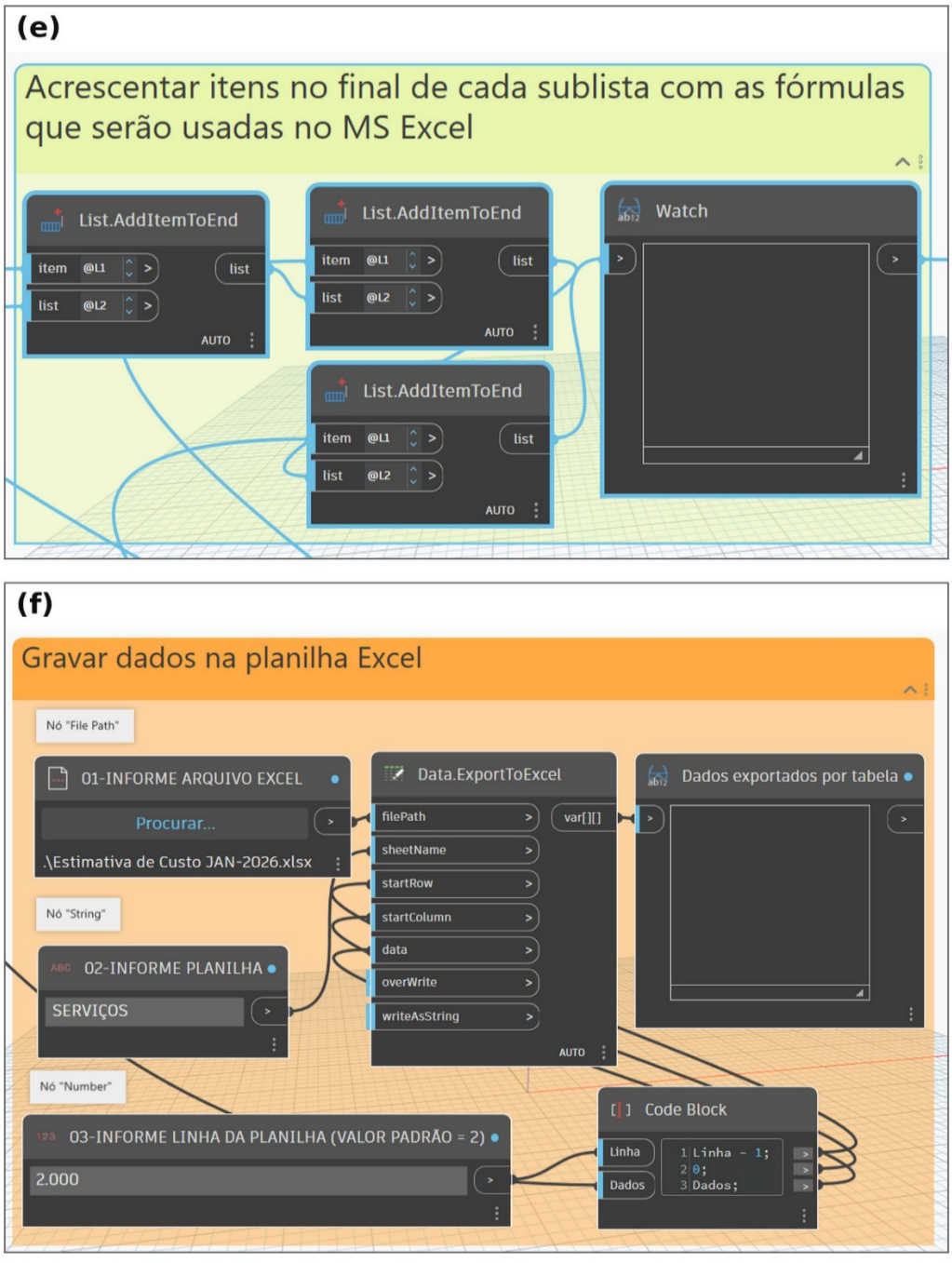
Figura 5-B. Rotina 03 para exportação dos dados para o Excel: C) Reagrupar dados; D) Montar as fórmulas



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 5-C. Rotina 03 para exportação dos dados para o Excel: E) Acrescentar itens; F) Gravar dados



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A função de cada rotina é sistematizada no Quadro 2, que apresenta entradas, processamento e saídas esperadas para as três rotinas desenvolvidas.

Quadro 2. Síntese técnica das rotinas desenvolvidas no Dynamo e em Python

Rotina	Entrada	Processamento	Saída esperada
Rotina 01 - Elementos	Elementos do Revit e planilha de parâmetros	Filtra categorias, verifica descrição e associa código/unidade.	Elementos parametrizados para extração de quantitativos.
Rotina 02 - Materiais	Materiais do modelo e lista de serviços	Compara descrições, seleciona materiais válidos e preenche campos.	Materiais vinculados a serviços de orçamento.
Rotina 03 - Exportação	Tabelas do Revit parametrizadas	Reorganiza dados, gera colunas e prepara fórmulas para Excel.	Planilha editável com quantitativos e campos orçamentários.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

3.5. Organização das planilhas segundo a EAP

A quinta etapa consistiu na organização das planilhas conforme uma Estrutura Analítica do Projeto. A EAP foi usada como estrutura hierárquica de classificação, com níveis numéricos para categorias construtivas, grupos de serviços e itens orçamentários. No primeiro nível foram reunidas as macroetapas, como alvenaria e revestimentos, pisos, forros, cobertura, esquadrias e instalações. Os níveis seguintes detalharam os grupos e os serviços associados aos códigos, descrições, unidades, quantidades e custos de referência.

A codificação hierárquica foi mantida nas planilhas de entrada e de saída para conectar os elementos do modelo aos serviços correspondentes e permitir agregação por nível. Antes da execução das rotinas, verificou-se a unicidade dos códigos da EAP, a presença dos campos obrigatórios e a compatibilidade entre unidade do serviço e parâmetro quantitativo. Essa organização forneceu a estrutura necessária para consolidar os dados sem perder a origem de cada item.

3.6. Exportação automatizada

A sexta etapa consistiu na exportação das tabelas parametrizadas para planilhas em formato editável, procedimento coerente com estudos de extração automatizada de quantitativos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

e integração entre modelo e orçamento (ALATHAMNEH; COLLINS; AZHAR, 2024). No Revit, as tabelas foram organizadas com campos compatíveis com a base de custos e com a EAP. Em seguida, o Dynamo leu as tabelas, selecionou os dados relevantes e direcionou a saída para o Excel, substituindo parte da cópia e da reorganização manual.

A exportação foi concebida para preservar a lógica de conferência. As colunas foram mantidas de forma a permitir que o usuário identifique a categoria, a descrição, a unidade, a quantidade e o código associado. Além disso, as fórmulas geradas no Excel permitem buscar informações de custo e calcular totais a partir dos dados exportados. Assim, a automação não impede a revisão técnica; ao contrário, organiza a planilha para que a revisão seja mais objetiva.

O principal cuidado nessa etapa foi evitar que a planilha se tornasse desconectada do modelo. Por isso, o processo foi estruturado para que mudanças no modelo pudessem demandar nova exportação, mantendo coerência entre geometria, parâmetros e orçamento. Esse procedimento é especialmente importante em fases de projeto em que alterações arquitetônicas ainda podem ocorrer.

3.7. Validação dos quantitativos

A sétima etapa consistiu na validação dos quantitativos exportados. A conferência comparou as tabelas do Revit, as planilhas organizadas por EAP e os critérios de medição dos serviços selecionados. O foco foi verificar se os valores permaneciam vinculados a elementos parametrizados, se as unidades eram compatíveis com as grandezas extraídas e se a estrutura hierárquica da planilha era preservada.

Os critérios empregados nessa conferência são apresentados no Quadro 3. Foram analisados rastreabilidade, completude, coerência entre unidade e quantidade, reprodutibilidade, possibilidade de revisão técnica e contribuição potencial à eficiência de recursos. Elementos sem descrição, materiais sem código ou tabelas com campos ausentes foram tratados como inconsistências a corrigir no ciclo seguinte. A dimensão de sustentabilidade foi limitada à capacidade de produzir inventários de materiais rastreáveis, sem mensuração de perdas ou impactos ambientais.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Quadro 3. Critérios utilizados na validação do fluxo automatizado

Critério	Questão de verificação	Evidência observada
Rastreabilidade	É possível identificar a origem do quantitativo no modelo?	Campos de categoria, descrição e código permanecem visíveis na planilha.
Completude	Os campos necessários ao orçamento foram preenchidos?	Parâmetros vazios indicam necessidade de ajuste antes da emissão.
Coerência	A unidade de medição é compatível com o serviço?	Áreas, volumes, comprimentos e contagens são analisados por categoria.
Reprodutibilidade	O fluxo pode ser executado novamente após alterações?	A rotina permite nova exportação após revisão do modelo.
Revisão técnica	A planilha final permite conferência pelo orçamentista?	Os dados permanecem editáveis e organizados em Excel.
Eficiência de recursos	Os quantitativos permitem identificar o consumo previsto por material e serviço?	Materiais e quantidades permanecem discriminados e rastreáveis para análises posteriores de consumo e resíduos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quadro 4. Vinculação entre objetivos específicos, etapas do método e evidências apresentadas

Objetivo específico	Etapa do método	Evidência no artigo
Definir parâmetros mínimos	3.2 Estruturação dos parâmetros	Quadro 1 e parâmetros configurados na Figura 2.
Organizar a EAP	3.5 Organização das planilhas segundo a EAP	Planilhas classificadas e planilha final apresentada na Figura 10.
Desenvolver rotinas de preenchimento e exportação	3.4 e 3.6	Rotinas 01 a 03, Figuras 3, 4 e 5A a 5C.
Comparar estratégias de modelagem de paredes	3.1 e 3.7	Comparação técnica apresentada no Quadro 5 e nas Figuras 7 e 8.
Verificar rastreabilidade, coerência e reprodutibilidade	3.7 Validação	Critérios do Quadro 3 e discussão nas Seções 4.2 e 4.5.
Discutir a contribuição potencial à eficiência de recursos	3.7 Validação	Delimitação e discussão na Seção 4.6.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3.8. Procedimento operacional das rotinas

Para tornar o método reprodutível, o procedimento operacional foi organizado como uma sequência de conferência antes, durante e depois da execução das rotinas. Antes da execução, o usuário deve verificar se as categorias do Revit estão corretamente modeladas, se os parâmetros compartilhados foram aplicados às categorias previstas e se a planilha externa possui os campos de código, descrição, unidade e custo unitário. Essa etapa reduz falhas causadas por ausência de parâmetros ou divergência de nomenclatura.

Durante a execução, a primeira rotina deve ser aplicada aos elementos construtivos. O procedimento consiste em selecionar a planilha de referência, ler as categorias do modelo, identificar os elementos com descrição preenchida e associar os campos orçamentários correspondentes. Os elementos que não atendem aos critérios de correspondência não devem ser preenchidos de forma automática sem conferência. Eles funcionam como lista de pendências e orientam a revisão do modelo.

Na sequência, a rotina de materiais deve ser aplicada às categorias em que a composição do serviço depende da separação de camadas. Esse passo é particularmente importante para paredes, pois permite tratar alvenaria, chapisco, emboço, massa e pintura como componentes distintos. O procedimento exige conferir se o nome do material no Revit corresponde à descrição esperada na planilha, evitando que a automação associe códigos a materiais genéricos ou incompletos.

Após o preenchimento dos parâmetros, a rotina de exportação deve ser executada sobre as tabelas previamente configuradas. A saída gerada em Excel deve ser revisada quanto à presença de campos vazios, unidades incompatíveis e quantitativos anômalos. Quando são identificadas inconsistências, o ajuste deve ocorrer preferencialmente no modelo ou na planilha de referência, e não apenas na planilha exportada, para que o fluxo permaneça reprodutível em novas execuções.

3.9. Disponibilidade das rotinas

Ao término do desenvolvimento e validação, as rotinas do Dynamo e os arquivos auxiliares utilizados neste estudo serão disponibilizados gratuitamente em repositório público (https://drive.google.com/drive/folders/1ZBfnBMkTSH2mYVylqQVHG2pqDmSklVGi?usp=drive_link). Essa estratégia busca favorecer a reprodutibilidade científica, possibilitar a adaptação do fluxo para diferentes projetos e ampliar o acesso a ferramentas de automação BIM por estudantes, pesquisadores e profissionais.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

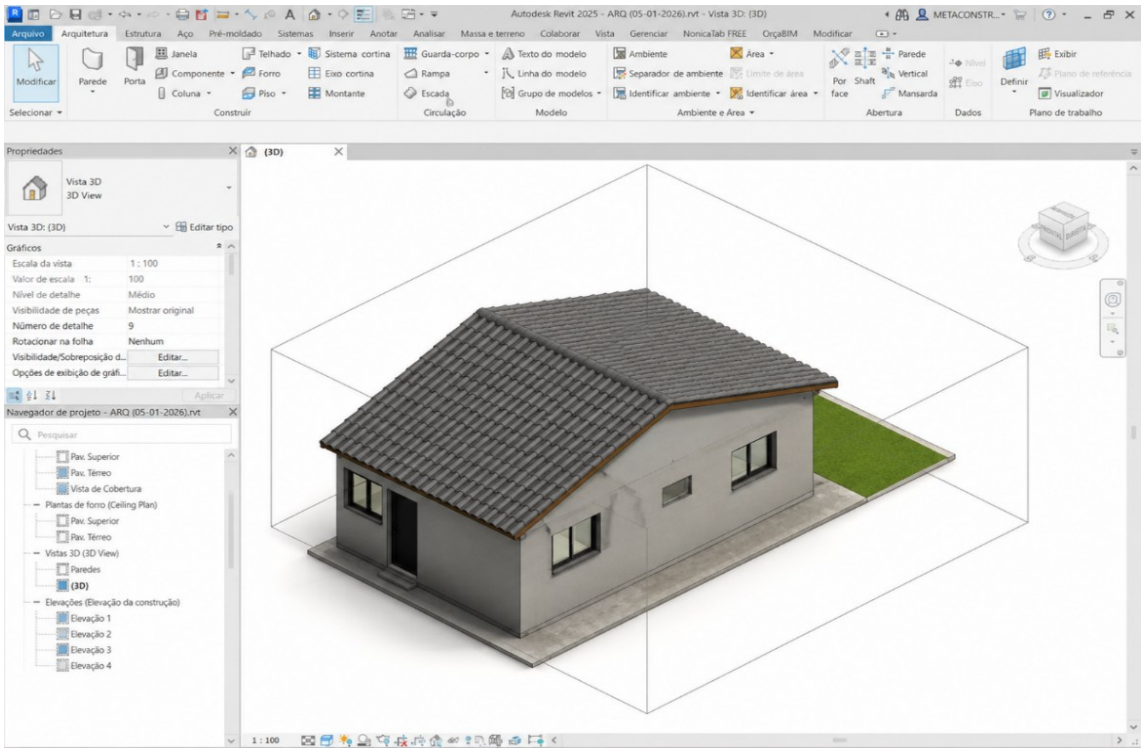
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Organização do fluxo automatizado

O primeiro resultado do estudo foi a consolidação de um fluxo integrado entre Revit, Dynamo e Excel. O modelo BIM forneceu os quantitativos; o Dynamo e os blocos em Python processaram os dados; e a planilha organizada por EAP consolidou os itens orçamentários. Essa sequência reduziu a fragmentação entre modelagem e orçamento e tornou explícita a origem de cada dado.

A Figura 6 apresenta o modelo arquitetônico desenvolvido no Revit. A organização geométrica e informacional dos elementos forneceu a base para testar a parametrização, as rotinas computacionais e a exportação dos quantitativos. O resultado relevante não foi apenas a representação tridimensional, mas a preparação do modelo para manter categorias, materiais, unidades e códigos reconhecíveis ao longo do fluxo.

Figura 6. Vista tridimensional do modelo arquitetônico BIM desenvolvido no Autodesk Revit.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A integração entre modelagem, automação e processamento de dados aproxima-se das abordagens contemporâneas de interoperabilidade em BIM, nas quais o modelo deixa de atuar apenas como representação geométrica e passa a funcionar como estrutura central de gerenciamento da informação. Nesse contexto, o uso do Dynamo contribuiu para automatizar tarefas repetitivas, organizar parâmetros e padronizar a extração quantitativa, reduzindo etapas manuais e aumentando a consistência do fluxo de trabalho.

O Quadro 5 relaciona as estratégias de modelagem às rotinas e às saídas obtidas, permitindo comparar como o nível de informação do modelo afeta a organização dos quantitativos.

Quadro 5. Estratégias de modelagem BIM, nível de informação e aplicação das rotinas à orçamentação

Técnica de modelagem	**Nível de informação**	**Rotina utilizada**	**Descrição da aplicação**	**Finalidade no orçamento**
Camadas separadas	Elementos construtivos independentes	Rotina 01 – Classificação de Serviços (Elementos)	Classificação automática dos elementos modelados de forma independente, permitindo a identificação individual de cada camada construtiva a partir de categorias e parâmetros do modelo BIM.	Extração dos quantitativos por elemento, com maior detalhamento e aderência aos critérios de medição do SINAPI.
Parede composta	Materiais constituintes do elemento	Rotina 02 – Classificação de Serviços (Materiais)	Identificação e classificação dos materiais internos às paredes compostas, possibilitando a separação lógica das camadas construtivas a partir das propriedades dos materiais.	Quantificação dos materiais em modelos com menor detalhamento geométrico, condicionada à consistência das propriedades dos materiais.
Camadas separadas e Parede composta	Dados consolidados de quantitativos	Rotina 03 – Exportação de Tabelas XLSX	Consolidação e exportação automatizada dos dados classificados pelas rotinas anteriores para planilhas eletrônicas estruturadas.	Integração dos quantitativos à base de custos SINAPI e geração da planilha orçamentária.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Segundo Alathamneh, Collins e Azhar (2024), a automação da extração quantitativa em BIM depende da integração entre modelagem, validação de dados e interoperabilidade entre plataformas, especialmente em fluxos voltados à estimativa de custos. De forma semelhante, o

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

fluxo desenvolvido neste estudo estabeleceu uma sequência operacional contínua entre o ambiente de modelagem e a consolidação orçamentária, permitindo maior rastreabilidade das informações quantitativas.

A contribuição técnica do fluxo está na definição de uma sequência reprodutível. Inicialmente, o usuário modela os elementos e organiza os parâmetros. Em seguida, a planilha de referência é preparada com os serviços aplicáveis. Depois, as rotinas no Dynamo verificam os elementos, preenchem parâmetros, classificam materiais e exportam tabelas. Por fim, a planilha recebe os dados quantitativos e permite calcular custos e revisar a memória de cálculo.

Essa sequência torna o processo mais controlável porque cada etapa possui uma função definida. Quando há erro na planilha final, é possível investigar se a origem está na modelagem, na parametrização, na correspondência com o SINAPI ou na rotina de exportação. Essa possibilidade de rastreamento representa uma vantagem em relação aos processos convencionais de levantamento quantitativo, nos quais inconsistências podem permanecer dissociadas da origem geométrica do modelo.

Além disso, a organização do fluxo evidencia que a confiabilidade da extração quantitativa não depende exclusivamente da automação, mas também da estruturação adequada das informações no modelo BIM. Esse comportamento está alinhado às observações de Andrade, Biotto e Serra (2021), que destacam a importância da modelagem orientada à orçamentação para garantir consistência entre elementos modelados, quantitativos e composições de custo.

4.2. Parametrização como condição de confiabilidade

A parametrização mostrou-se a condição central para o sucesso da extração automatizada. Elementos com parâmetros padronizados puderam ser lidos e processados pelas rotinas, enquanto elementos sem descrição ou com nomenclatura inconsistente exigiram correção. Esse resultado evidencia que a automação não corrige automaticamente problemas de modelagem; ela torna esses problemas mais visíveis e, portanto, mais fáceis de tratar.

Esse comportamento reforça que a confiabilidade da extração quantitativa depende diretamente da qualidade das informações inseridas no modelo BIM. Segundo Andrade, Biotto e Serra (2021), a modelagem voltada à orçamentação exige padronização de parâmetros, organização lógica dos elementos e compatibilidade entre a estrutura do modelo e os critérios de medição utilizados nas composições de custo. De forma semelhante, Alathamneh, Collins e Azhar (2024) destacam que inconsistências de nomenclatura e ausência de informações comprometem a automação dos quantitativos e reduzem a interoperabilidade entre plataformas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

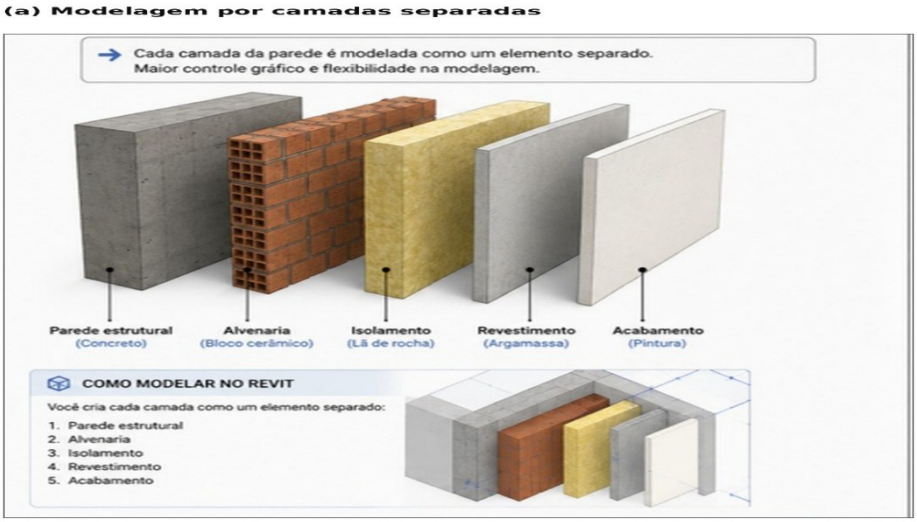
A separação entre parâmetros de elementos e parâmetros de materiais foi especialmente relevante. Em elementos como telhados ou pisos, a associação direta do elemento a um serviço pode ser suficiente. Em paredes e revestimentos, contudo, a informação por material ou camada tende a produzir resultados mais aderentes às composições orçamentárias. Essa distinção reforça a necessidade de definir previamente o nível de informação esperado para cada categoria construtiva.

Outro ponto observado foi a importância da unidade de medição. Um mesmo componente pode ser representado geometricamente de forma adequada, mas não atender ao orçamento se a unidade extraída não corresponder ao critério de medição do serviço. Por isso, o parâmetro de unidade não foi tratado como campo secundário. Ele funciona como elemento de controle entre a geometria modelada e a base de custos.

4.3. Parede composta e modelagem por camadas separadas

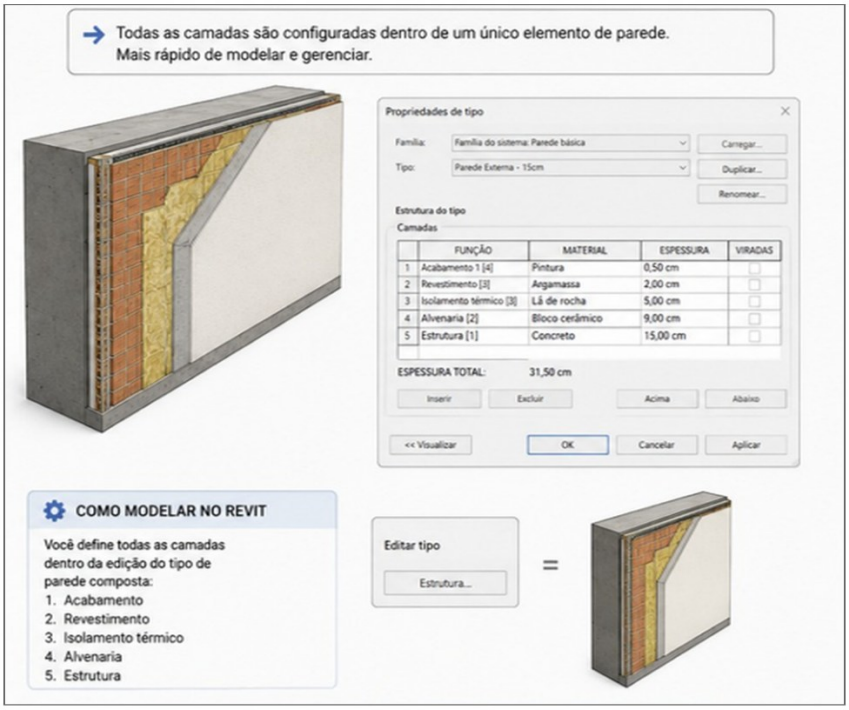
A comparação entre parede composta e modelagem por camadas separadas revelou diferenças relevantes para a orçamentação. A parede composta concentrou o sistema construtivo em um único elemento e simplificou alterações geométricas, mostrando-se adequada quando o objetivo era obter quantitativos gerais ou quando a decomposição detalhada dos serviços ainda não era necessária. Entretanto, a associação de cada componente a um serviço específico exigiu tratamento por materiais (Figura 7).

Figura 7. Diferenças entre modelagem por camadas separadas (a) e parede composta (b).



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

(b) Parede composta em um único elemento



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

As duas estratégias são reconhecidas na literatura como decisões de modelagem que afetam a granularidade e a confiabilidade da extração. Monteiro e Martins (2013) destacam que modelos destinados à quantificação devem ser produzidos segundo os requisitos de medição. Maccarini *et al.* (2022) observaram vantagens das camadas separadas em fases finais, enquanto paredes compostas favorecem alterações nas fases iniciais. Khosakitchalert, Yabuki e Fukuda (2019, 2020) também demonstraram que a geometria e as sobreposições das camadas de elementos compostos influenciam os quantitativos.

A modelagem por camadas separadas apresentou maior aderência à decomposição por serviços. Ao representar alvenaria, emboço e pintura como elementos independentes, foi possível vincular cada camada a códigos e unidades específicos e reduzir a necessidade de rateios posteriores. A Figura 8 mostra a tabela de quantitativos gerada a partir dessa lógica de parametrização e sua correspondência com a EAP.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 8. Tabela de quantitativos de parede estruturada para composição orçamentária.
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

CATEGORIA	CÓD.	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	CÓD. ALVENARIA	CÓD. CHAPISCO	CÓD. EMBOÇO	CÓD. PINTURA	CÓD. PISO	CÓD. RODAPÉ	OUTROS
			UNI.	UNI.	UNI.	UNI.	UNI.	UNI.	UNI.
1	ALVENARIA E REVESTIMENTOS								
1.1	Alvenaria		103360 m²	x	x	x	x	x	x
1.2	Chapisco		x	87908 m²	x	x	x	x	x
1.3.1	Emboço 1		x	x	87553 m²	x	x	x	x
1.3.2	Emboço 2		x	x	87549 m²	x	x	x	x
1.3.3	Emboço 3		x	x	87546 m²	x	x	x	x
1.3.4	Emboço 4		x	x	87775 m²	x	x	x	x
1.4	Emassamento Parede		x	x	x	88497 m²	x	x	x
1.5	Pintura Látex		x	x	x	104641 m²	x	x	x
1.6	Pintura Textura		x	x	x	88423 m²	x	x	x
1.7	Fundo Selador		x	x	x	88485 m²	x	x	x
1.8	Emassamento Teto		x	x	x	88494 m²	x	x	x
1.9	Pintura Teto		x	x	x	104639 m²	x	x	x
2	PISOS E REVESTIMENTOS DE PISO								
2.1	Contra-Piso		x	x	x	x	87680 m²	x	x
2.2	Revestimento entre 5 a 10 m²		x	x	x	x	87262 m²	x	x
2.3	Revestimento maior 10 m²		x	x	x	x	87263 m²	x	x
2.4	Revestimento menor 5 m²		x	x	x	x	87261 m²	x	x
2.5	Soleira		x	x	x	x	98689 m	x	x
2.6	Grama		x	x	x	x	x	x	x
2.7	Rodapé		x	x	x	x	x	88650 m	x
3	FORROS								91110 m²
3.1	Forro Drywall		x	x	x	x	x	x	
4	COBERTURA								
4.1	Estrutura de Madeira		x	x	x	x	x	x	94202 m²
4.2	Telhamento		x	x	x	x	x	x	94210 m²
4.3	Rufo		x	x	x	x	x	x	94229 m²
5	ESQUADRIAS								
5.1	Porta 80x210		x	x	x	x	x	x	302043 m²
5.2	Porta 70x210		x	x	x	x	x	x	302042 m²
5.3	Janela Venezianas		x	x	x	x	x	x	94570 m²
6	INSTALAÇÕES								
6.1	Tanque		x	x	x	x	x	x	86901 unidade
6.2	Lavatório		x	x	x	x	x	x	86902 unidade
6.3	Chuveiro Elétrico		x	x	x	x	x	x	100860 unidade
6.4	Vaso Deca		x	x	x	x	x	x	86904 unidade

✓ Código presente / Aplicável ✗ Não aplicável UNI. = Unidade de medida m² = Metro quadrado | m = Metro linear | un = Unidade

Segundo Tran *et al.* (2025), fluxos automatizados em BIM dependem da organização lógica dos elementos e da consistência entre parâmetros e componentes construtivos, especialmente quando associados a rotinas computacionais desenvolvidas em Dynamo.

A principal desvantagem da modelagem por camadas separadas foi o aumento da complexidade de controle. As camadas precisaram ser posicionadas, nomeadas e parametrizadas de forma consistente; caso contrário, as rotinas apenas reproduziam as inconsistências. Assim, a escolha entre as duas estratégias deve considerar a fase do projeto, o

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

nível de detalhamento requerido e a capacidade de controle do modelo, e não uma superioridade universal de uma técnica sobre a outra.

4.4. Desempenho técnico das rotinas

As rotinas desenvolvidas constituíram resultados técnicos do estudo. A Rotina 01 classificou elementos e preencheu parâmetros de modo padronizado; a Rotina 02 tratou informações vinculadas aos materiais; e a Rotina 03 consolidou e exportou as tabelas organizadas por EAP. Em conjunto, elas estabeleceram uma sequência verificável entre entrada, processamento e saída.

Segundo Seghier *et al.* (2025), a programação visual amplia a capacidade de automatizar tarefas repetitivas e estruturar fluxos de informação no ambiente BIM. No ciclo analisado, a combinação do Dynamo com blocos em Python diminuiu a edição manual de propriedades e tornou mais consistente a associação entre elementos, materiais e serviços.

A Rotina 02 foi relevante quando a informação orçamentária estava vinculada ao material, e não apenas ao elemento. Essa condição ocorreu nos sistemas de parede, nos quais diferentes camadas correspondiam a serviços distintos. A rotina selecionou materiais com descrição válida e associou códigos e unidades, ampliando a granularidade da extração.

A associação automatizada entre materiais, parâmetros e composições orçamentárias aproxima-se das abordagens contemporâneas de interoperabilidade em BIM, nas quais os elementos do modelo passam a atuar como portadores de informação técnica e financeira. De acordo com Alathamneh, Collins e Azhar (2024), fluxos automatizados voltados à estimativa de custos dependem da capacidade de organizar informações compatíveis entre modelagem, quantitativos e bases de orçamento.

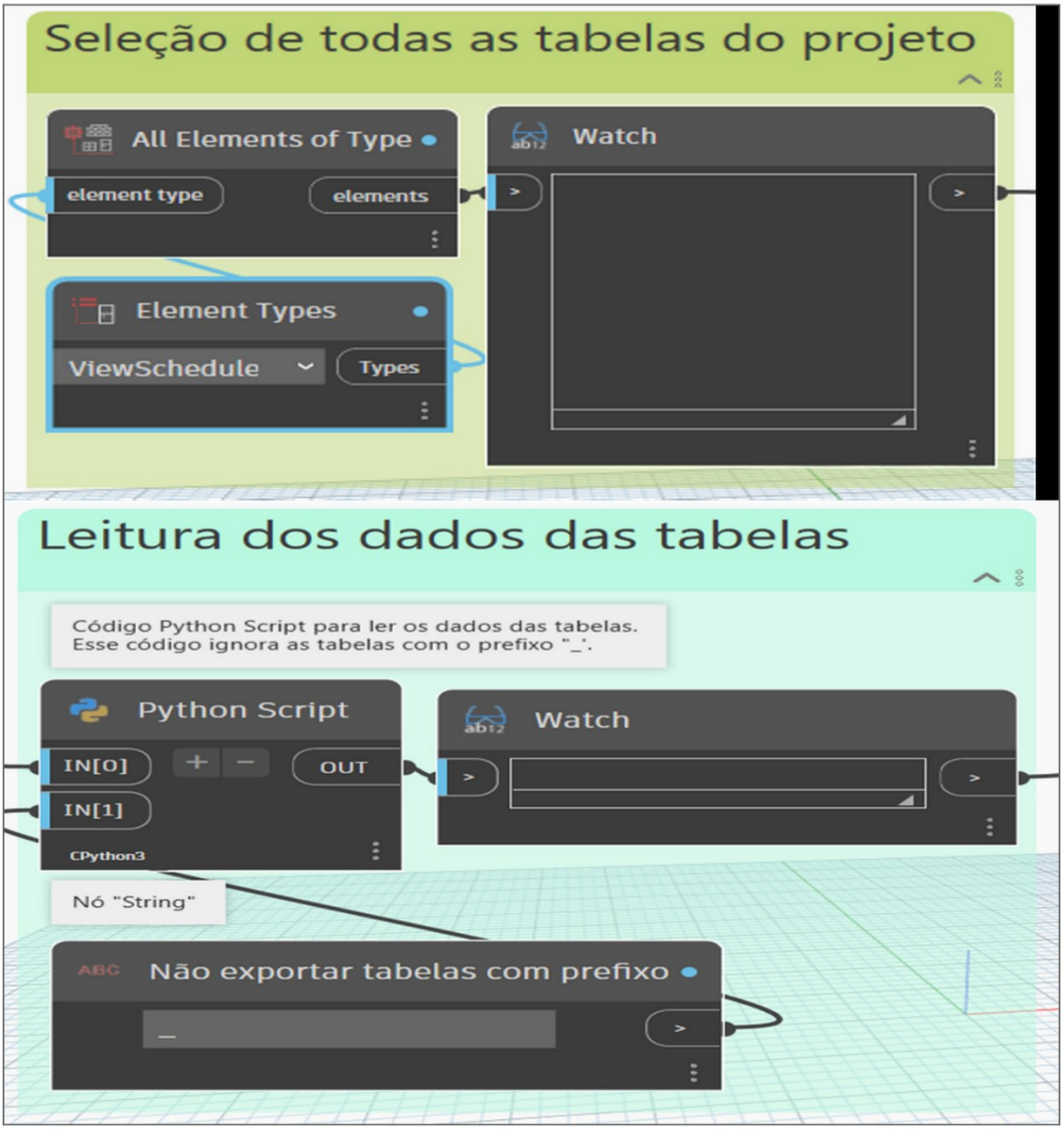
A Rotina 03 consolidou a saída do fluxo. A exportação automatizada reduziu a necessidade de reorganização manual das tabelas e gerou uma base editável no Excel, estruturada pela EAP. O resultado preservou a possibilidade de revisão pelo orçamentista e o vínculo entre cada item e o quantitativo originado no modelo.

A Figura 9 apresenta parte da lógica implementada no Dynamo para automatização da exportação quantitativa e geração das fórmulas utilizadas na planilha orçamentária. Observa-se a utilização de rotinas voltadas à concatenação de parâmetros, organização de listas e criação automática de referências para descrição, custo unitário e custo total dos serviços.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 9-A. Etapas do fluxo automatizado no Dynamo para processamento e exportação quantitativa: (A) seleção e leitura das tabelas;

(A) Seleção e leitura das tabelas

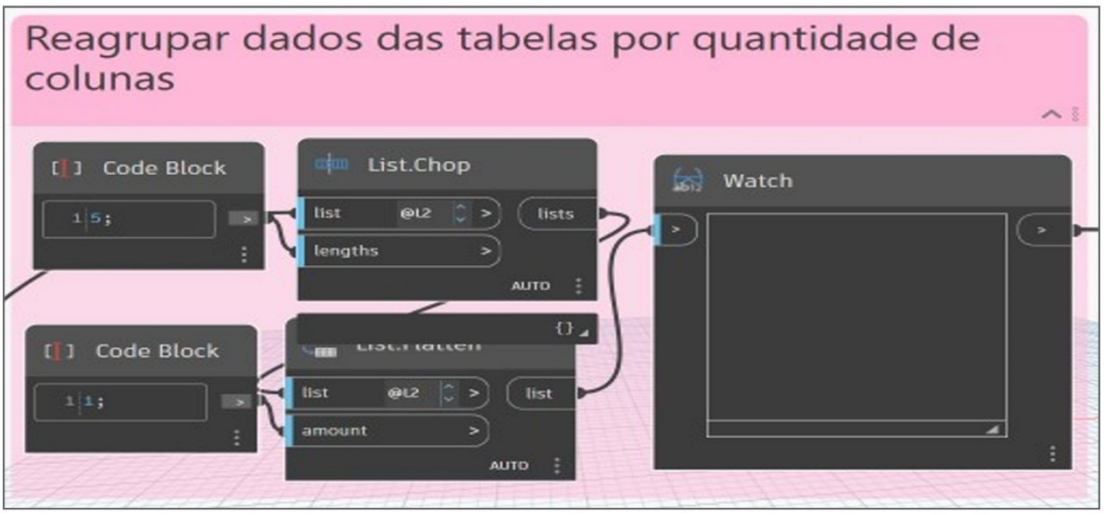


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

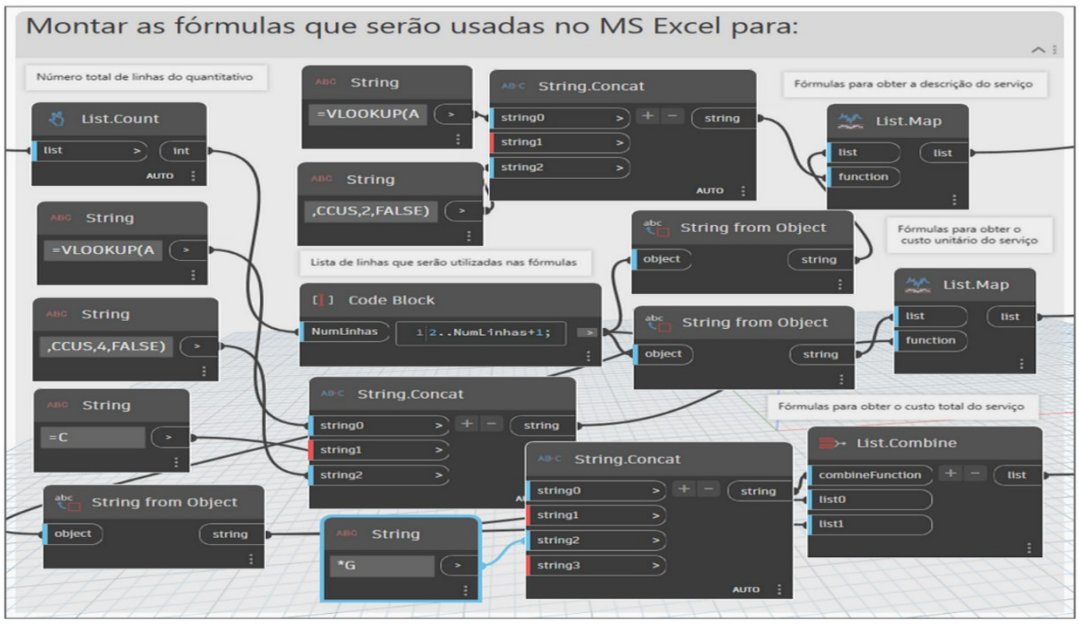
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 9-B. Etapas do fluxo automatizado no Dynamo para processamento e exportação quantitativa: (B) reorganização dos dados; (C) geração das fórmulas

(B) Reorganização dos dados



(C) Geração das fórmulas

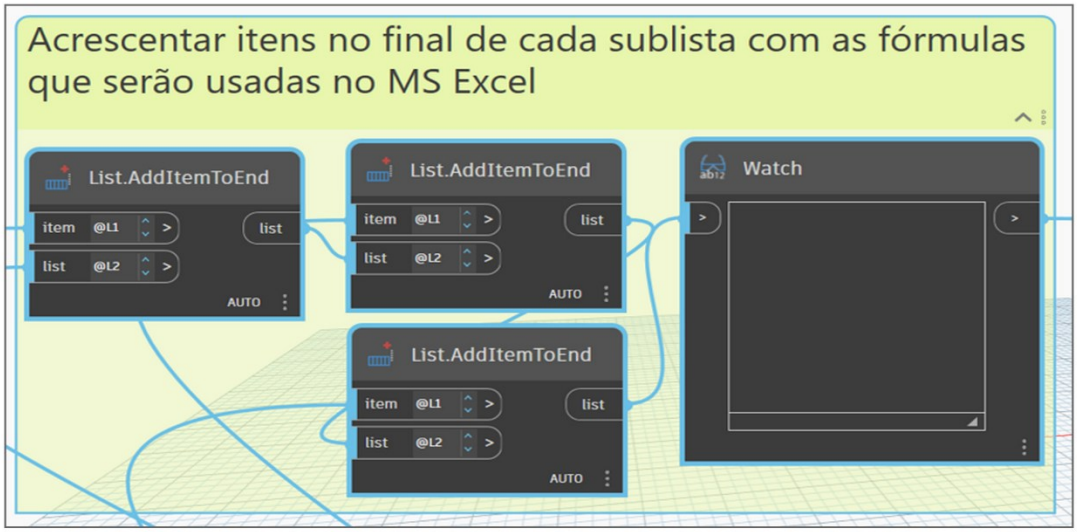


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

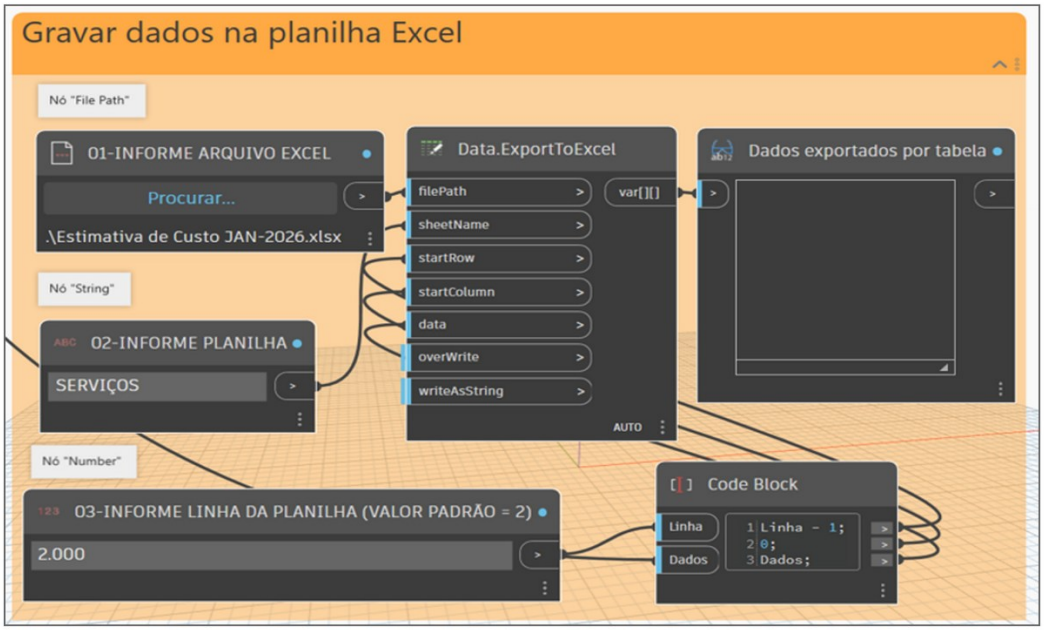
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 9-C. Etapas do fluxo automatizado no Dynamo para processamento e exportação quantitativa: (D) exportação para o Excel; e (E) gravação de dados na planilha

(D) Exportação para o Excel



(E) Gravação de dados na planilha



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tran *et al.* (2025) destacam que a integração entre Dynamo e Revit favorece a construção de fluxos automatizados mais acessíveis, especialmente em processos que exigem manipulação contínua de dados e exportação de informações. No presente estudo, a utilização do Excel como ambiente final de consolidação manteve a flexibilidade de edição e revisão, evitando dependência de plataformas externas de gerenciamento de custos.

As rotinas foram executadas com recursos do Revit, do Dynamo e do Excel, sem exigir complementos comerciais. Essa configuração amplia a possibilidade de reprodução por equipes que já utilizam esses programas e mantém o escopo na extração quantitativa e na organização orçamentária.

Essa característica também reforça a delimitação metodológica do estudo. Embora o fluxo incorpore princípios associados ao BIM 5D, a proposta concentrou-se na automação da extração quantitativa e na integração entre modelagem e orçamento, sem avançar para sistemas completos de gerenciamento dinâmico de custos ou planejamento integrado da obra.

4.5. Redução de retrabalho e controle da memória de cálculo

No ciclo analisado, o fluxo reduziu a necessidade de reorganização manual dos quantitativos. Os códigos, descrições, unidades, quantidades e níveis da EAP foram transportados a partir dos parâmetros e das tabelas previamente definidos. A constatação se refere às etapas eliminadas no procedimento executado; não foi realizado um estudo cronometrado nem uma comparação estatística de produtividade.

A memória de cálculo também se torna mais controlável. Como os campos de categoria, descrição, código e unidade permanecem visíveis na planilha, a revisão pode ser direcionada aos itens de maior risco. Em vez de recalcular todos os quantitativos, o avaliador pode verificar se o elemento foi parametrizado corretamente, se a unidade corresponde ao critério de medição e se o serviço associado é compatível com a composição adotada. Esse ganho não elimina a revisão técnica, mas torna a revisão mais objetiva.

A Figura 10 apresenta um exemplo da planilha orçamentária gerada automaticamente pelo fluxo proposto, evidenciando a organização dos quantitativos, códigos de serviço, unidades de medição e custos associados aos elementos modelados. Observa-se que a estrutura da planilha preserva informações relevantes para conferência técnica e rastreabilidade da memória de cálculo, favorecendo revisões mais objetivas e reduzindo a necessidade de reorganização manual dos dados.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 10. Planilha orçamentária gerada automaticamente pelo fluxo proposto

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

EAP	CÓDIGO SINAPI	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (R$)	CUSTO TOTAL (R$)
1		ALVENARIA E REVESTIMENTOS	–	–	–	24.437,71
1.1		ALVENARIA DE VEDAÇÃO				
1.1.1	103360	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 14x19x29 cm (espessura 14 cm) e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. AF_12/2021	m²	116,09	96,37	11.187,59
1.2		REVESTIMENTO EXTERNO				
1.2.1	88423	Aplicação manual de pintura com tinta texturizada acrílica em paredes externas de casas, uma cor. AF_03/2024	m²	80,35	22,64	1.819,12
1.2.2	87908	Chapisco aplicado em alvenaria (com presença de vãos) e estruturas de concreto de fachada, com equipamento de projeção. Argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400 L. AF_10/2022	m²	224,82	6,40	1.438,85
1.3		REVESTIMENTO INTERNO				
1.3.1	88497	Emassamento com massa látex, aplicação em parede, duas demãos, lixamento manual. AF_04/2023	m²	116,93	17,37	2.031,07
1.3.2	88494	Emassamento com massa látex, aplicação em teto, duas demãos, lixamento manual. AF_04/2023	m²	34,88	31,97	1.115,11
1.3.3	87775	Emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400 L, aplicada manualmente em panos de fachada com presença de vãos, espessura de 25 mm. AF_08/2022	m²	86,25	56,87	4.905,04
1.3.4	87546	Emboço, em argamassa traço 1:2:8, preparo manual, aplicado manualmente em paredes internas, para ambientes com área menor que 5m², e = 10mm, com taliscas. AF_03/2024	m²	34,50	33,61	1.159,55
1.3.5	87549	Emboço, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico, aplicado manualmente em paredes internas de ambientes com área entre 5m² e 10m², e = 10mm, com taliscas. AF_03/2024	m²	63,57	26,56	1.688,42
1.3.6	87553	Emboço, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico, aplicado manualmente em paredes internas de ambientes com área maior que 10m², e = 10mm, com taliscas. AF_03/2024	m²	33,13	23,90	791,81
2		COBERTURA E FORRO	–	–	–	9.090,31
2.1	94202	Estrutura telhado madeira pinus	m²	53,29	88,00	4.689,52
2.2	91110	Forro em drywall para ambientes residenciais, inclusive estrutura unidirecional de fixação. AF_08/2023_PS	m²	34,88	68,83	2.400,79
3		ESQUADRIAS	–	–	–	6.537,90
3.1	94570	Janela de alumínio de correr com 2 folhas para vidros (vidros inclusos), batente/ requadro 6 a 14 cm, dimensões 100x120 cm. AF_11/2024	m²	5,28	346,09	1.827,36
3.2	302043	Kit de porta de madeira frisada, semi-oca (leve ou média), padrão médio, 70x210cm, espessura de 3cm, itens inclusos. AF_12/2019	m²	1,47	3.204,45	4.710,54
4		INSTALAÇÕES	–	–	–	100,83
4.1	100860	Chuveiro elétrico comum corpo plástico, tipo ducha - fornecimento e instalação. AF_01/2020	un	1,00	100,83	100,83
5		PISOS	–	–	–	2.916,94
5.1	87680	Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 L, aplicado em áreas secas sobre laje, espessura 4cm. AF_07/2021	m²	66,43	43,91	2.916,94
6		PINTURA	–	–	–	368,81
6.1	88485	Fundo selador acrílico, aplicação manual em parede, uma demão. AF_04/2023	m²	80,88	4,56	368,81
		TOTAL GERAL				43.451,70

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quando a geometria do modelo é modificada, a rotina pode ser executada novamente para atualizar a saída, preservando a relação entre modelo, parâmetros, EAP e planilha. Esse encadeamento torna a origem dos valores verificável e direciona a revisão para parâmetros vazios, unidades incompatíveis ou associações incorretas, em vez de exigir a reconstrução integral da memória de cálculo.

4.6. Aplicabilidade e contribuição potencial à sustentabilidade

O fluxo mostrou aplicabilidade técnica à orçamentação de edificações porque manteve o vínculo entre modelo, parâmetros, EAP e planilha. A utilização do SINAPI funcionou como aplicação de uma base referencial brasileira, sem restringir o método a obras públicas. Outras bases podem ser utilizadas desde que seus códigos, descrições, unidades e critérios de medição sejam compatibilizados com a estrutura de parâmetros e com a EAP.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A correspondência entre elementos modelados e composições de custo nem sempre é direta. Alguns serviços exigem critérios específicos de medição, perdas, produtividade ou composições auxiliares que não são resolvidos automaticamente pelo modelo. Portanto, a automação deve ser compreendida como apoio à memória de cálculo, e não como substituição da análise técnica do orçamentista.

A principal contribuição potencial à sustentabilidade decorre da disponibilidade de inventários de materiais mais organizados e rastreáveis. Esses dados podem apoiar o planejamento de compras e métodos posteriores de estimativa de resíduos, como o proposto por Guerra *et al.* (2019). Entretanto, o estudo não comparou consumo previsto e realizado, não quantificou resíduos e não realizou avaliação do ciclo de vida. Por isso, não se atribui ao fluxo uma redução ambiental comprovada.

A confiabilidade do fluxo permanece dependente da qualidade dos dados e da validação técnica. A padronização de nomenclaturas, unidades e parâmetros é necessária para que a interoperabilidade entre modelo e planilha não reproduza erros de entrada (SEGHIER *et al.*, 2025; ALATHAMNEH; COLLINS; AZHAR, 2024).

O estudo não propôs um sistema multidimensional para gerenciamento completo do empreendimento. Sua contribuição concentrou-se na extração, organização e transferência de quantitativos para planilhas orçamentárias, mantendo revisão humana e rastreabilidade da memória de cálculo.

Durante a execução deste trabalho observaram-se algumas limitações que deverão ser revistas em trabalhos futuros. A primeira limitação refere-se ao escopo do modelo analisado. O fluxo foi aplicado a um projeto arquitetônico residencial, com ênfase em categorias construtivas selecionadas. A aplicação em edificações maiores, reformas, infraestrutura ou obras com múltiplas disciplinas pode exigir novos parâmetros, novas tabelas e ajustes nas rotinas. Portanto, os resultados devem ser interpretados como validação aplicada do fluxo, e não como generalização para qualquer tipo de obra.

A segunda limitação está relacionada à dependência da qualidade da modelagem. A automação só produz resultados confiáveis quando os elementos possuem nomenclatura, categorias e parâmetros coerentes. Modelos produzidos sem intenção orçamentária podem exigir revisão significativa antes da aplicação do fluxo. Essa condição confirma que a extração automatizada deve ser planejada desde o início do processo de modelagem.

A terceira limitação diz respeito à base de custos. O SINAPI foi utilizado como referência no estudo, mas a associação entre serviços e elementos modelados exige interpretação técnica. O método não elimina a revisão de composições, unidades, critérios de medição e adequação

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

regional dos custos. A planilha automatizada deve ser considerada uma base estruturada para orçamento, e não um orçamento final sem conferência.

4.7. Barreiras à implementação do BIM e contribuições do fluxo automatizado proposto

Embora o Building Information Modeling (BIM) tenha se consolidado como uma das principais tecnologias para promover integração de informações, colaboração entre equipes e automação de processos na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), sua implementação ainda enfrenta desafios que dificultam sua ampla adoção. Estudos recentes demonstram que essas barreiras extrapolam aspectos exclusivamente tecnológicos, envolvendo fatores organizacionais, econômicos, institucionais e relacionados à capacitação dos profissionais (LOURENÇO *et al.*, 2025; LIN *et al.*, 2025).

Lourenço *et al.* (2025) identificaram que a implementação do BIM em países considerados adotantes tardios é influenciada por fatores como escassez de profissionais qualificados, resistência à mudança, limitada experiência das equipes, baixa cooperação entre os envolvidos e insuficiência de mecanismos institucionais de apoio. Os autores ressaltam que tais barreiras não atuam de forma isolada, mas compõem um sistema interdependente que compromete a efetiva incorporação das metodologias BIM nas organizações.

Lin *et al.* (2025) agruparam os principais obstáculos à adoção do BIM em quatro dimensões: tecnológica, mercadológica, sociocultural e política. Entre elas destacam-se as limitações das ferramentas disponíveis, o baixo nível de disseminação das práticas BIM, a insuficiente capacitação dos profissionais e a necessidade de maior suporte institucional para consolidar a utilização dessas tecnologias em diferentes segmentos da construção civil.

Na realidade brasileira, Sousa e Muller (2022) também observaram que a implementação do BIM permanece limitada por gargalos relacionados à maturidade tecnológica das empresas, à capacitação profissional e à adoção de estratégias voltadas à transformação digital do setor. Segundo os autores, a superação dessas dificuldades exige não apenas investimentos em tecnologia, mas também soluções capazes de facilitar a incorporação do BIM na rotina das organizações e ampliar sua utilização prática.

O fluxo automatizado desenvolvido neste trabalho contribui para reduzir parte das barreiras tecnológicas ao utilizar recursos do Revit, Dynamo e Microsoft Excel e dispensar complementos comerciais adicionais. Essa abordagem não elimina desafios de capacitação ou gestão, mas a disponibilização gratuita das rotinas favorece a reprodutibilidade do método e sua adaptação a diferentes projetos e ambientes de ensino e pesquisa.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal resultado foi a consolidação de um fluxo rastreável entre Revit, Dynamo, Python e Excel, no qual códigos, descrições, unidades, quantidades e níveis da EAP permaneceram associados ao modelo. A estrutura mínima de parâmetros permitiu classificar elementos e materiais, identificar campos incompletos e gerar uma planilha orçamentária editável sem reconstruir manualmente toda a memória de cálculo.

A comparação das estratégias de parede mostrou que a modelagem por camadas separadas apresentou maior aderência à decomposição dos serviços, enquanto a parede composta simplificou alterações geométricas e exigiu leitura dos materiais para detalhamento. Assim, a seleção da técnica deve considerar a fase do projeto e o nível de informação requerido. As rotinas 01 a 03 conectaram essas duas estratégias à classificação, à organização por EAP e à exportação dos quantitativos.

Conclui-se que o método é tecnicamente aplicável à orçamentação de edificações quando a modelagem, os parâmetros, as unidades e a base de custos são previamente compatibilizados. O potencial de sustentabilidade limita-se, neste estudo, à geração de inventários de materiais que podem subsidiar análises futuras de consumo e resíduos; não houve comprovação de redução de impactos ambientais. Estudos posteriores devem testar outras tipologias, comparar tempo e incidência de erros com procedimentos manuais e integrar indicadores de perdas, resíduos e ciclo de vida.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 19650-1: Organização e digitalização de informações sobre edifícios e obras de engenharia civil, incluindo BIM - Gestão da informação usando modelagem da informação da construção - Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ALATHAMNEH, Shadi; COLLINS, Wesley; AZHAR, Salman. BIM-based quantity takeoff: Current state and future opportunities. Automation in Construction, v. 165, p. 105549, set. 2024.

ANDRADE, Felipe Miguel Rocha; BIOTTO, Clarissa Notariano; SERRA, Sheyla Mara Baptista. Modelagem BIM para orçamentação com uso do SINAPI. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 16, n. 2, p. 93–111, 12 mar. 2021.

AUTODESK. **About Compound Walls. Revit 2023 Help.** 2023. Disponível em: https://help.autodesk.com/cloudhelp/2023/ENU/Revit-ArchDesign/files/GUID-7657DF90-6AE2-4543-BFDA-7735A8424B1C.htm. Acesso em: 8 set. 2026.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil: metodologia e conceitos. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2023.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetura, engenharia, construção e gestão. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GUERRA, Beatriz C.; BAKCHAN, Amal; LEITE, Fernanda; FAUST, Kasey M. BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams. **Waste Management**, v. 87, p. 825-832, 2019. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.03.010.

KHOSAKITCHALERT, Chavanont; YABUKI, Nobuyoshi; FUKUDA, Tomohiro. Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound elements. **Automation in Construction**, v. 106, 102891, 2019. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.102891.

KHOSAKITCHALERT, Chavanont; YABUKI, Nobuyoshi; FUKUDA, Tomohiro. Automated modification of compound elements for accurate BIM-based quantity takeoff. **Automation in Construction**, v. 113, 103142, 2020. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103142.

LIN, Y. H.; KHONGSOMCHIT, L.; KAEWUNRUEN, S.; PLUMMER, P. Challenges and barriers in BIM adoption and implementation in railways. Frontiers in Built Environment, v. 11, p. 1-20, 2025.

LOURENÇO, M. P.; ARANTES, A.; COSTA, A. A. Barriers to Building Information Modeling (BIM) Implementation in Late-Adopting EU Countries: The Case of Portugal. Buildings, v. 15, p. 1-22, 2025.

MACCARINI, Helena Somer; FRASSON, Diego Dagostin; ANTUNES, Elaine Guglielmi Pavei; CRISTIAN, Aurio Damasio. Análise comparativa entre modelagem por paredes compostas com aplicação de peças e modelagem por camadas separadas em BIM: estudos de caso. **Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil Unesc**, v. 7, n. 2, 2022. DOI: 10.18616/civiltec.v7i2.6778.

MONTEIRO, André; MARTINS, João Poças. A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. **Automation in Construction**, v. 35, p. 238-253, 2013. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.05.005.

SEGHIER, Taki Eddine *et al.* From BIM to computational BIM: A systematic review of visual programming application in building research. Ain Shams Engineering Journal, v. 16, n. 1, p. 103173, jan. 2025.

SOUSA, P. R.; MULLER, B. M. Desafios e barreiras do BIM e do Lean na construção civil brasileira. Revista Pensamento Contemporâneo em Administração, v. 16, n. 3, p. 181-198, 2022.

SUCCAR, B. Building Information Modelling framework: a strategic approach to industry migration. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TRAN, Thai Bao *et al.* An Integrated BIM-Based Application for Automating the Conceptual Design for Vietnamese Vernacular Architecture: Using Revit and Dynamo. Applied Sciences, v. 15, n. 12, p. 6776, 16 jun. 2025.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.