

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia de Sistemas

Milton Pereira Bravo Neto

**ENGENHARIA DE SISTEMAS PARA SERVIÇOS
DE DESENVOLVIMENTO “LOW CODE”**

Belo Horizonte
2025

Milton Pereira Bravo Neto

**ENGENHARIA DE SISTEMAS PARA SERVIÇOS
DE DESENVOLVIMENTO “LOW CODE”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Sistemas da Universidade Federal Minas Gerais, como requisito parcial para o grau de bacharel (a) em Engenharia de Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. André Costa Batista

Belo Horizonte
2025

Esse trabalho é dedicado à aquela pessoa.

Agradecimentos

Você pode escrever aqui os agradecimentos a pessoas que contribuíram para a realização do trabalho.

“Aqui vai uma bela e inspiradora frase.”

Resumo

Escreva aqui o resumo do seu trabalho.

Palavras-chave: palavra-chave 1; palavra-chave 2; palavra-chave 3.

Abstract

Translate here the abstract of your work.

Keywords: keyword 1; keyword 2; keyword 3.

Lista de Siglas e Símbolos

Siglas

ACO	Ant Colony Optimization
BIM	Born Iterative Method
CNN	Convolutional Neural Networks
DE	Differential Evolution
EA	Evolutionary Algorithm
GA	Genetic Algorithm
GAN	Generative Adversarial Network
PSO	Particle Swarm Optimization
TMz	Modo Magnético Transversal em z
ES	Engenharia de Sistemas

Símbolos

ε	Permissividade complexa [F/m + $j\Omega$ /m]
ε_r	Permissividade relativa
θ	Ângulo da coordenada polar [rad]
λ_b	Comprimento de onda de fundo [m]
σ	Condutividade [Ω /m]
ϕ	Ângulo de incidência [rad]
\mathbf{E}	Vetor de intensidade elétrica [V/m]
E_z	Componente z do vetor de intensidade elétrica [V/m]
k	Número de onda [1/m]
\mathbb{R}	Conjunto dos números reais
\mathbf{r}	Vetor posição no espaço 3D [m]
x, y, z	Coordenadas cartesianas [m]
V	Espaço tridimensional

Sumário

Capítulo 1

Introdução

Ao longo dos anos vivenciando a experiência no mercado de trabalho em diferentes empresas, é possível notar a dificuldade em mapear, seguir e otimizar processos nas organizações. Um fator agravante é quando o processo não é simplesmente para definir operações administrativas, mas também para definir um modelo de serviço prestado. O serviço em questão pode ser resumido no desenvolvimento de ferramentas para estruturação, automação e/ou digitalização de processos dentro de organizações e será detalhado mais adiante no texto.

Outro ponto que vale ser ressaltado, é a necessidade de um vasto conhecimento em arquitetura de soluções e de ferramentas e técnicas de desenvolvimento para viabilização do serviço e sua manutenção.

Primeiramente, vale notar que o mercado cria a necessidade do serviço, e este surge de forma orgânica e na maioria dos casos sem uma definição adequada. No caso, será definido o ciclo de vida do sistema de interesse que constitui esse serviço, a fim de padronizar as etapas e documentar de acordo com os padrões da engenharia de sistemas.

Mesmo sem esse ciclo de vida definido já são percebidas deficiências operacionais nas integrações e relacionamentos entre as partes interessadas do sistema de interesse. Onde mais se destaca essa deficiência é na parte de gerenciamento de requisitos e rastreabilidade do sistema. No ciclo de vida atual não há nenhuma documentação de requisitos ou rastreabilidade, e isso afeta tanto as estimativas de esforço e tempo para os desenvolvimentos e possíveis mudanças, quanto deixa uma grande incerteza de impacto nas manutenções que possam ser necessárias. Ao resolver um problema ou instabilidade, podem ser gerados outros que só serão notados pelos usuários finais do sistema.

Alterações e inclusão de requisitos nas fases finais de desenvolvimento ou depois do sistema desenvolvido são muito mais custosas que se estes tivessem sido refinados e definidos no início. E sem a capacidade de analisar a rastreabilidade do sistema, como dito anteriormente, as estimativas têm pouco fundamento e refletem pouco a realidade. Logo, prazos são mal calculados, métricas são extraídas de maneira errônea e o gerenciamento da equipe fica prejudicado.

Manter o ciclo de vida do sistema de interesse atualizado e fiel à realidade faz com

que custos sejam reduzidos durante a concepção e operação do sistema. De forma direta na otimização dos recursos empregados que só é possível com processos etapas bem definidas, quando indireta na redução de retrabalho e tempo gasto em atividades desnecessárias.

Após o mapeamento do ciclo de vida atual, propostas de revisão e melhoria serão feitas para melhor tratamento da deficiência operacional citada anteriormente. Em seguida será proposta uma ferramenta para garantir a rastreabilidade do sistema e o gerenciamento dos requisitos de forma mais integrada e dinâmica.

O estudo de caso e análise do sistema de interesse acontece em uma empresa multinacional, com diversos ramos de atuação e ativos geradores de receita. No entanto, a respeito do escopo de trabalho do time em questão, esses detalhes de produtos e mercado não são diretamente relevantes para o sistema de interesse.

Como dito anteriormente, o mercado gerou o serviço e o sistema de interesse a ser trabalhado. Tem sido uma tendência em diversas empresas a criação de times, setores ou áreas focadas na digitalização e automação de processos, rotinas ou atividades repetitivas na empresa. O surgimento do time de atuação veio dessa tendência, dentro da grande área de “Digitalização Global” da organização foi montada uma equipe com o objetivo de atender todos esses focos de trabalho, com atendimento disponível para todas as áreas de negócio da América do Sul.

Com áreas de negócios, são englobados times de marketing, finanças, pagamentos, segurança da informação, tesouraria, infraestrutura de tecnologia, qualidade, recursos humanos e vários outros times que trabalham em atividades de escritório que podem ser alvo da equipe de digitalização. Esses são os principais interessados, e considerados os clientes do serviço prestado.

O sistema de interesse a ser estudado é o serviço interno prestado a esses clientes citados anteriormente. Esse serviço é o desenvolvimento de uma solução tecnológica que resolva algum problema ou automatize algum processo trazido pelo time cliente. É feita uma análise do contexto e realizada uma proposta de resolução para o problema, e em seguida se inicia o desenvolvimento caso isso seja decidido. Em alguns casos, é necessário ainda o suporte à solução desenvolvida, dependendo da complexidade e volume de utilização.

O time trabalha numa estrutura de fábrica de aplicativos ou fábrica de software, com poucos desenvolvedores experientes e generalistas, para serem bem engajados com todas as possibilidades a serem exploradas. Esse serviço é repetido a cada nova solução desenvolvida para os times clientes, novos ou não. Diversas tecnologias são utilizadas durante o desenvolvimento, sendo definidas de acordo com a necessidade de cada situação. Entretanto, as duas principais tecnologias são as ferramentas “low code” da empresa Microsoft, conhecidas como ferramentas da “Power Platform”, e códigos em Python para execução de RPAs (do inglês “robot process automation”).

1.1 Objetivos Geral e Específicos

Podemos destacar como objetivos gerais do trabalho realizado a implementação de técnicas e processos de Engenharia de Sistemas para otimizar a prestação de serviços de software de curta duração. Já como objetivos específicos podem ser destacados:

- O mapeamento da situação atual do serviço prestado e do produto entregue.
- A identificação de oportunidades de melhoria no presente cenário.
- Melhora da definição e levantamento de requisitos no processo existente.
- Elaboração de uma ferramenta para gerenciamento de rastreabilidade e requisitos.

1.2 Contribuições e Originalidade

Tanto os aspectos de digitalização e otimização de processos quanto o uso de tecnologias "low code" são relativamente novos no que diz respeito à padrões definidos de desenvolvimento, arquitetura ou boas práticas.

O uso de técnicas de ES é interessante pois ao contrário do movimento normal no desenvolvimento de soluções de software que seguem métodos ágeis com muitas iterações e entregas de valor, o processo a ser estudado segue um modelo mais próximo do tradicional modelo de cascata. Entretanto, são conduzidos modelos cascata de curtíssima duração onde os prazos máximos de conclusão variam de 3 a 4 meses, com 3 ou 4 projetos sendo desenvolvidos simultaneamente.

Dessa forma, ao longo do trabalho é desenvolvido um "tailoring" dos conhecimentos da ES para esse contexto e situação de desenvolvimento.

1.3 Organização do Trabalho

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Ciclo de Vida

A definição e criação de um ciclo de vida é uma das formas da Engenharia de Sistemas (ES) atuar no seu propósito de viabilizar o sucesso de um sistema ao mesmo tempo que otimiza a competição existente entre os objetivos das partes interessadas. Ao desmembrar o esforço total e definir os estágios, seus papéis novas características do sistema, seus critérios de completude, seus riscos existentes e ao fim tomar uma decisão, está sendo feito a criação do ciclo de vida.

Entre cada estágio definido, há o que é chamado em inglês de “decision gates” onde é feita a análise do progresso, e como o nome sugere é tomada uma decisão quanto ao desenvolvimento do sistema.

O ciclo de vida de um sistema é definido a partir de suas características e particularidades, de modo que seus estágios sejam inseridos para atender todas as suas necessidades. Os estágios podem aparecer mais de uma vez, serem executados sequencialmente ou paralelamente e serem inseridos a qualquer momento do ciclo de vida.

Há casos em que o Sistema de Interesse(SoI do inglês “System of Interests”) é parte de um Sistema de Sistemas(SoS, do inglês “System of Systems”). Nesse caso, cada um tem seu próprio ciclo de vida, no geral em um SoS cada elemento do sistema terá seu próprio ciclo de vida, e o do SoS influencia no do SoI, de forma que sua evolução deve ser considerada quando olhado para o ciclo de vida do SoI.

O ciclo de vida genérico trazido no ? nos mostra os seis estágios básicos existentes numa estruturação em “V” que busca mostrar de forma visual a aparição desses estágios ao longo do tempo, realçando também o possível paralelismo entre eles. Na figura ?? podemos ver uma representação do que foi mostrado no livro.

O estágio de conceito: representa a parte exploratória de pesquisas e origens do reconhecimento de uma necessidade, ou uma nova missão, ou uma nova capacidade de negócio, ou ainda a alteração de algum desses itens. Nesse estágio são explorados todos os fatores do sistema, desde mercado, ambientais, econômicos, recursos disponíveis e escopo de atuação, de forma

que sejam definidos os limites do prolema a ser resolvido, as missões do sistema, onde ele será utilizado e seja feita uma análise do negócio, da missão e dos valores entregues. Para que o problema seja bem definido, são realizados os levantamentos dos requisitos do sistema, das partes interessadas envolvidas e suas necessidades, e do espaço de solução, e assim pode ser derivado um custo inicial do esforço a ser empenhado e uma agenda prévia, que servem de base para o ciclo de vida. Algumas saídas ou resultados típicos desse estágio são documentos preliminares da arquitetura sistema, da viabilidade, dos requisitos, do design e novamente da agenda e esforço. Esse estágio é de extrema importância pois aqui o sistema é definido, mudanças podem surgir depois, mas representarão uma maior dificuldade de implementação devido a diversos fatores, como tempo ou custo.

O estágio de desenvolvimento: nesse estágio é definido um SoI que atende e vai de encontro com as necessidades e requisitos das partes interessadas, e que pode ser produzido, utilizado, suportado e descontinuado caso necessário. O objetivo principal dessa fase é definir um projeto base de engenharia que pode ser executado, sem buscar a perfeição, mas atendendo às partes interessadas e respeitando os possíveis “trade-offs” previamente definidos nesse mesmo estágio. Nesse projeto base devem estar os requisitos, arquitetura, modelagens, documentação e planejamento para próximas fases que também podem ser vistos como saídas dessa fase.

O estágio de produção: nesse estágio o projeto base definido no estágio anterior sai do papel e dá lugar ao sistema de fato, que será testado e qualificado para ser colocado para utilização.

O estágio de utilização: o início desse estágio se dá com a liberação do sistema ou parte dele para uso, incluindo os sistemas de apoio que são necessários para certas funcionalidades. Esse estágio comumente é o mais longo do ciclo de vida e é comum que mudanças e melhorias no SoI ocorram ao longo da utilização, lembrando sempre de fazer o gerenciamento dos riscos e documentação para garantir a integridade e manutenção do SoI.

O estágio de suporte: segue paralelo ao estágio de utilização assim que alguma funcionalidade se torna disponível, no entanto o preparo e planejamento desse estágio pode ser iniciado antes como a aquisição de sobressalentes. Nesse estágio que são percebidas as melhorias e mudanças que podem vir a ser implementadas durante a utilização.

O estágio de descontinuação: acontece quando o sistema sai de operação e normalmente seu início dá fim aos estágios de utilização e produção, ou no máximo existe uma pequena sobreposição entre estes. Além de definir como será feito o descarte físico ou virtual das partes é nessa etapa que é feita uma possível análise de extensão de vida útil de parte do Sistema e o arquivamento de documentos importantes sobre o mesmo.

Ainda no ?, são trazidos conceitos importantes sobre os “decision gates” que coexistem entre os estágios do ciclo de vida, tanto no início quanto no fim de cada estágio. Dentre os objetivos dos “decision gates” estão o acompanhamento da evolução da maturidade do sistema, a conferência dos critérios de saída ou entrada de um estágio, a análise de risco mediante à situação atual do sistema, e por fim uma tomada de decisão sobre o que será feito. Podendo

haver um regresso no ciclo de vida, um avanço, uma pausa ou até mesmo o cancelamento do projeto.

É importante saber equilibrar a formalidade e frequência desses eventos, visto que eles envolvem diferentes partes interessadas, gestores e especialistas, e além disso as decisões devem ser guiadas por dados tomados nos estágios do ciclo de vida e nos artefatos que são gerados para esse momento. Isso evita considerações desnecessárias e inadequadas que podem prejudicar futuramente.

As três abordagens principais trazidas pelo livro para os ciclos de vida são, sequencial, incremental e evolucionário. As principais características dessas três abordagens podem ser resumidas na tabela ?? apresentada.

Tabela 2.1: Características das abordagens de um ciclo de vida

Abordagem	Requisitos definidos no início	Iterações planejadas	Múltiplas instalações
Sequencial	Todos os requisitos	Apenas uma	Não
Incremental	Todos os requisitos	Múltiplas	Potencialmente
Evolucionário	Parte dos requisitos	Múltiplas	Tipicamente

Durante a execução dos estágios do ciclo de vida várias tarefas são executadas, e para isso alguns processos precisam ser realizados para garantir a consistência das atividades. Um conjunto de processos é definido no livro e a execução de cada um deles varia de acordo com os estágios existentes no ciclo de vida do sistema.

2.2 Arquitetura do Sistema

Como mencionado na seção ?? existem diferentes processos durante o ciclo de vida de um sistema ou projeto. Um deles é o *Processo de Definição da Arquitetura do Sistema*. A existência de um *Estilos de Arquitetura* é de extrema importância para que esse processo seja executado com êxito. Ele atua como um modelo, ou guia, para se construir a arquitetura do sistema. Os *Estilos de Arquitetura* podem ser definidos com base no ponto de vista da arquitetura, no elementos do sistema e seus relacionamentos, nas conexões, interfaces, mecanismos de interação e possíveis restrições.

Além dos *Estilos de Arquitetura*, outro conceito importante é o de *Padrões de Arquitetura*. Eles são modelos simplificados mas completos no que diz respeito aos elementos do sistema e são reutilizáveis para diferentes tipos cenários. O uso de *Padrões de Arquitetura* agiliza a documentação, facilita a comunicação, promove o reúso, melhora a produtividade e eficiência e serve como um ponto de início para o desenvolvimento de novos sistemas.

Como o conceito de arquitetura pode ser muito abrangente, o ? mostra três segmentações de arquitetura, a arquitetura funcional, lógica e a física.

A arquitetura funcional compreende as funcionalidades do sistema, ou seja, quais funções ou comportamentos aquele sistema executa ou possui em diferentes contextos para atingir os

objetivos esperados.

Capítulo 3

Aspectos Socioeconômicos e Humanidades

A digitalização de processos empresariais é uma estratégia indispensável para aumentar a competitividade, eficiência e segurança nas operações, conforme enfatizado por ?. Estudos apontam que sua adoção pode:

- Elevar a produtividade: Com ganhos de até 30%, ao reduzir em até 90% o tempo para tarefas repetitivas, permitindo que colaboradores se concentrem em atividades estratégicas.
- Aumentar a eficiência: A automação otimiza fluxos de trabalho, com melhorias de até 80% na performance operacional, reduzindo prazos de entrega e aumentando a satisfação dos clientes.
- Reduzir custos: Economias podem chegar a 90% no processamento de dados, 30% na manutenção de equipamentos e 40% na gestão documental.
- Melhorar a experiência do cliente: Processos digitais permitem respostas mais rápidas e personalizadas, podendo aumentar a receita em até 10% e impulsionar o crescimento das empresas em 2,2 vezes.
- Aumentar a segurança da informação: Com controles mais rigorosos, a proteção de dados pode ser ampliada em até 50%, reduzindo riscos e fortalecendo a confiabilidade.
- A digitalização, portanto, transforma não apenas a operação interna das empresas, mas também sua interação com clientes e o mercado, assegurando competitividade e sustentabilidade a longo prazo.

Capítulo 4

Metodologia

Como fundamento do desenvolvimento desse trabalho, está a utilização das técnicas de engenharia de sistemas para tornar o dia a dia de trabalho e gestão de atividades mais claros e concisos. Além disso, serão especificadas deficiências no processo ou ciclo de vida, que apesar de já serem conhecidas não estão bem colocadas ou esclarecidas.

Pode ser definido como primeira etapa de trabalho a definição do ciclo de vida como é hoje. Através do estudo do fluxo atual, são definidos os eventos de cada estágio, os entregáveis de cada estágio e os “decision gates” ou pontos de decisão entre os estágios.

Recapitulando, o serviço prestado é basicamente a concepção de diferentes sistemas para atender requisitos específicos em cada caso trazido ao nosso time, para desenvolvimento e/ou sustentação.

Para ajudar a construir esse ciclo de vida será desenvolvida a arquitetura dos elementos do sistema e estabelecida a relação com as funcionalidades. Assim, pode ser definido todas as opções de possíveis sistemas do serviço prestado, através das combinações de elementos do sistema e das funcionalidades.

Após essa primeira parte do trabalho, com os artefatos e documentações já produzidas, será feita a análise e listagem, dos problemas e deficiências encontradas agora. Focado na parte de gestão de requisitos e rastreabilidade dos sistemas desenvolvidos, serão dados mais detalhes e especificações dos problemas identificados bem como apresentada uma proposta de solução.

Sobre a proposta mencionada anteriormente, se trata do desenvolvimento de uma aplicação “low code” utilizando as ferramentas e recursos da “Power Platform” para correlacionar os elementos do sistema e os requisitos levantados.

Depois de desenvolvida a aplicação, ela será colocada em operação para a coleta de dados de utilização, bem como a percepção dos outros integrantes do time sobre pontos de melhoria ou críticas sobre ela. Métricas de estimação de esforço de novas funcionalidades ou alterações podem ser coletadas com mais precisão após essa implementação, pois as relações entre os componentes estão definidas com clareza. Esse resultado poderá ser coletado com uma comparação entre as estimativas para uma mesma tarefa utilizando ou não a ferramenta desenvolvida.

Por fim, será concatenados todos os resultados colhidos para uma análise e avaliação do trabalho realizado. Pontos de melhoria notados no decorrer das atividades realizadas, mas fora do escopo definido, serão indicados para futuras evoluções ou prosseguimento do trabalho.

4.1 Instrumentos e Materiais

Documentação do ciclo de vida atual do sistema de serviço: será desenhado os diagramas dos estágios e etapas do ciclo de vida do serviço de desenvolvimento prestado, onde serão destacados as saídas e entradas de cada etapa. O diagrama será confeccionado na ferramenta online Draw.io, que é uma ferramenta gratuita para o desenho de diagramas de diferentes tipos e não impõe restrições de salvamento do arquivo final, mantendo assim a alta qualidade dos diagramas com imagens vetorizadas. Documentação dos blocos de funcionalidade das soluções desenvolvidas: será mapeada a arquitetura completa das possíveis funcionalidades das soluções desenvolvidas. Onde couber, serão estabelecidos os relacionamentos entre as funcionalidades. O desenvolvimento será também na ferramenta online Draw.io. Criação da arquitetura geral das soluções desenvolvidas: serão mapeados todos os possíveis elementos do sistema, sendo esses atômicos ou subsistemas, cobrindo todos os recursos disponíveis para o desenvolvimento das soluções. Também será feito o relacionamento entre esses elementos e suas designações dentre as funcionalidades mapeadas anteriormente. Novamente, o desenvolvimento será também na ferramenta online Draw.io. Levantamento e especificação dos problemas do ciclo de vida atual: esta etapa não requer a utilização de uma ferramenta específica. Consiste na análise das entregas das tarefas anteriores, bem como da experiência vivida na rotina em estudo para a definição desses problemas, e então seus detalhamentos. Sendo que a deficiência da gestão de requisitos e da rastreabilidade, já levantada previamente, terá um desenvolvimento mais aprofundado nos conceitos teóricos e referências. Criação da arquitetura e projeto conceitual do aplicativo: nessa etapa todas as definições e funcionalidades do aplicativo serão definidas, bem como será registrada sua arquitetura e modelagem dos bancos de dados. Para o registro da arquitetura e da estrutura do banco de dados será utilizado mais uma vez a ferramenta online Draw.io. Desenvolvimento da aplicação: para o desenvolvimento da aplicação serão utilizados as ferramentas e recursos disponíveis na “Power Platform”. Para a interface de usuário será utilizado o Power Apps, para automações assíncronas e integrações com sistemas externos será utilizado o Power Automate, para a criação do banco de dados será utilizado o Dataverse, que suporta bancos relacionais, e para envios de notificações é utilizado o Outlook.

4.2 Arquitetura do Sistema

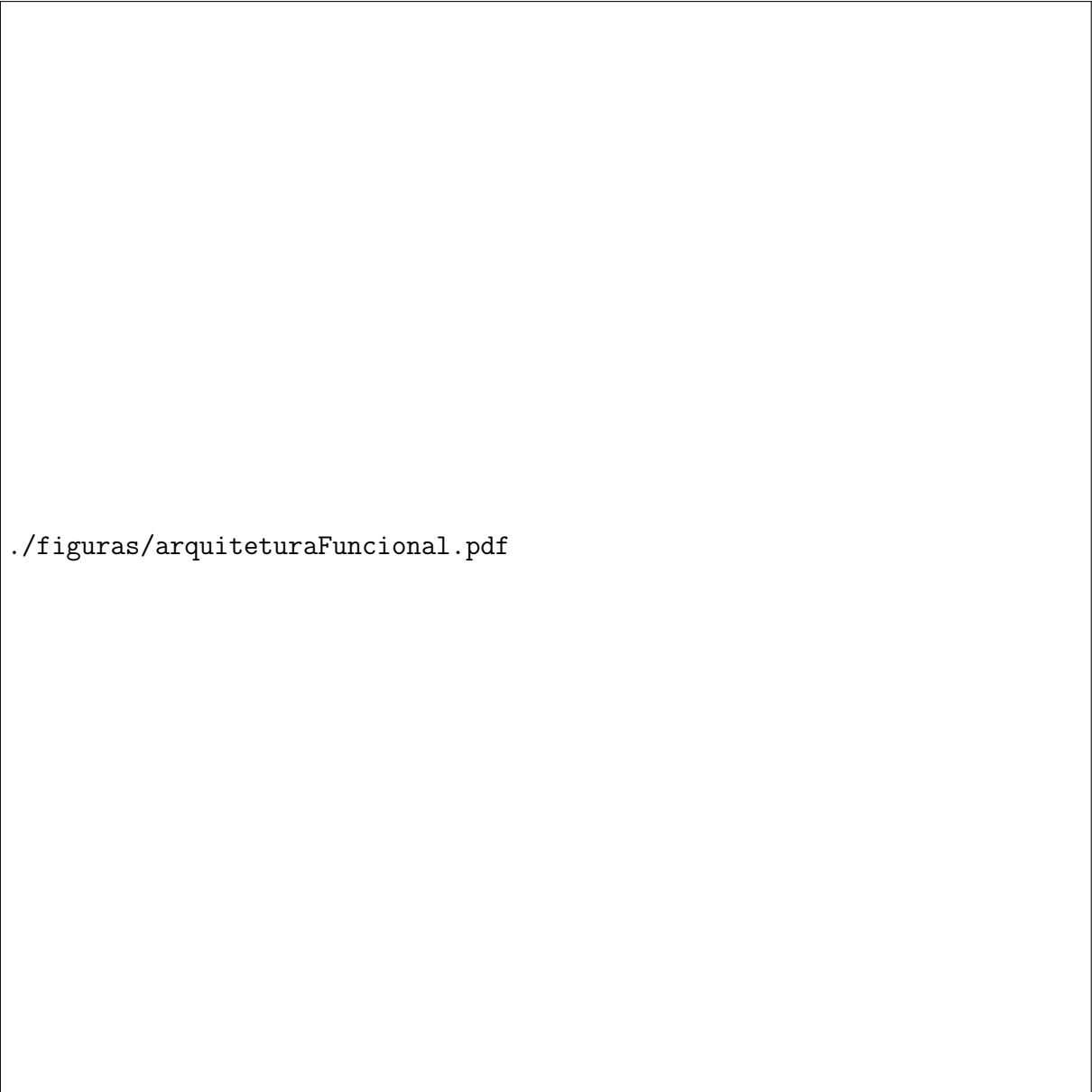
Na figura ?? pode ser observada um padrão de arquitetura física para os sistemas desenvolvidos. Ela contém todos os possíveis elementos do sistema que podem ser utilizados para a

arquitetura final de cada projeto executado.

./figuras/arquiteturaFisica.pdf

Figura 4.1: Padrão de arquitetura física dos sistemas desenvolvidos.

Já na figura ?? temos o padrão de arquitetura funcional para os sistemas desenvolvidos, e mais uma vez, contém todas as possibilidades de funções disponíveis e que podem ser implementadas no sistema de interesse.



./figuras/arquiteturaFuncional.pdf

Figura 4.2: Padrão de arquitetura funcional dos sistemas desenvolvidos.

Referências Bibliográficas

INCOSE (2023). *INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide For System Life Cycle Processes and Activities*. International Council on Systems Engineering (INCOSE), San Diego, CA, 5th edition.

N. Hutchison (Editor in Chief). Hoboken, N. T. T. o. t. S. I. o. T. (2024). *The Guide To the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)*. BKCASE is managed and maintained by the Stevens Institute of Technology Systems Engineering Research Center, the International Council on Systems Engineering, and the Institute of Electrical and Electronics Engineers Systems Council, v.2.11 edition. Acesso em: 14 jan. 2025.

Sebrae (2023). Como a digitalização de processos impacta os resultados da empresa. Acesso em: 14 jan. 2025.