

Gabriel Takahiro Toma de Lima

Sistema de Gerenciamento de Indicadores para Cidades Inteligentes

Trabalho apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Cidades inteligentes.

Orientador: Eliseu César Miguel

Alfenas/MG

2023

RESUMO

O conceito de cidades inteligentes tem ganhado destaque nas municipalidades brasileiras, exigindo a utilização de indicadores específicos para orientar sua construção e implementação. Com o objetivo de suprir essa necessidade, durante a iniciação científica, foi desenvolvido o SGICI, uma ferramenta capaz de calcular os indicadores para todos os municípios. No entanto, algumas limitações foram identificadas, tais como a baixa abrangência dos dados e o desempenho insatisfatório do programa no cálculo dos indicadores. A fim de superar essas limitações, foram realizadas melhorias significativas. Inicialmente, o conjunto de dados foi ampliado por meio da integração da API Ipeadata, o que resultou em uma maior abrangência dos dados disponíveis para o cálculo. Além disso, houve aprimoramento da arquitetura do SGICI e a introdução da utilização de *threads* para a paralelização das tarefas, resultando em um melhor desempenho no cálculo dos indicadores. Essas melhorias possibilitaram que o SGICI fornecesse resultados mais abrangentes e um desempenho otimizado, tornando-se uma ferramenta mais eficiente para auxiliar os gestores municipais na formulação de políticas voltadas ao desenvolvimento de cidades inteligentes.

Palavras-chave: cidades inteligentes, desempenho, indicadores, SGICI, variáveis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – ODS abrangidos pelo SGICI durante a iniciação científica	7
Figura 2 – Interface que calcula os indicadores de cidades inteligentes	13
Figura 3 – Interface que exibe a tabela de resultados	14
Figura 4 – Interface que exibe os indicadores	14
Figura 5 – Interface que edita os indicadores	15
Figura 6 – Interface que cadastra os indicadores	15
Figura 7 – Interface que exibe os resultados dos indicadores para Alfenas em 2020	18
Figura 8 – ODS Abrangidos após a ampliação dos indicadores calculados	19
Figura 9 – Modelo anterior	21
Figura 10 – Modelo atual	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
API	<i>Application Programming Interface</i> (Interface de Programação de Aplicação)
CEP	Código de Endereçamento Postal
CSV	<i>Comma-separated values</i> (Valores separados por vírgula)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
SGICI	Sistema de Gestão de Indicadores para Cidades Inteligentes
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
TIC	Tecnologias da informação e comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Problematização	6
1.2	Justificativa	8
1.3	Objetivos	8
1.3.1	Integração da API Ipeadata no sistema:	8
1.3.2	Ampliar a quantidade de indicadores e variáveis disponíveis:	8
1.3.3	Melhorar o desempenho do SGICI:	9
1.4	Organização do texto	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1	Conceito de cidades inteligentes	10
2.2	Indicadores de cidades inteligentes	11
2.3	Fontes de dados para cidades inteligentes	12
2.4	Ferramentas para análise de indicadores de cidades inteligentes	12
3	MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1	Coleta de dados	16
3.2	Integração da API Ipeadata	16
3.3	Ampliação da quantidade de indicadores e variáveis disponíveis	17
3.4	Melhoria do desempenho do SGICI	19
3.4.1	Otimização da busca das variáveis SIDRA em escala municipal	19
3.4.2	Aprimoramento da arquitetura para otimização do cálculo de indicadores	20
3.4.3	Otimização do tempo de processamento com o uso de <i>threads</i>	22
3.5	Importação e exportação de dados: versatilidade e acessibilidade	23
3.6	Disponibilidade do SGICI: Acesso e Documentação	23
3.7	Resultados	24
4	CONCLUSÃO	25
4.1	Trabalhos futuros	26
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

As cidades inteligentes têm surgido como uma abordagem promissora para promover o desenvolvimento urbano sustentável, onde a aplicação de tecnologias avançadas e a utilização eficiente do capital humano desempenham um papel fundamental (ANGELIDOU, 2015). Nesse contexto, para avaliar o progresso e desempenho dessas cidades, são empregados os indicadores de cidades inteligentes (KLOPP; PETRETTA, 2017).

Os indicadores de cidades inteligentes são expressões matemáticas que desempenham um papel fundamental na mensuração de diversos aspectos do município, tais como qualidade de vida, eficiência energética e mobilidade urbana. Esses indicadores são calculados com base em variáveis, as quais representam os dados governamentais específicos do município. As variáveis são informações relativas a cada aspecto do município que são essenciais para o cálculo dos indicadores. Por sua vez, os dados governamentais são informações detalhadas e específicas disponibilizadas pelo Órgão Público, abrangendo temas relevantes relacionados à demografia, infraestrutura, serviços públicos, entre outros. A utilização desses dados governamentais como variáveis é crucial para garantir uma avaliação precisa e abrangente do desempenho das cidades inteligentes.

Este trabalho estende um projeto de iniciação científica desenvolvido em 2022 com o objetivo de calcular indicadores de cidades inteligentes. Durante essa pesquisa inicial, foi desenvolvido o Sistema de Gerenciamento de Indicadores para Cidades Inteligentes (SGICI), um aplicativo que utiliza a API (Interface de programação de aplicações) SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática)¹ para buscar dados e calcular indicadores para os municípios brasileiros. No entanto, foram identificadas, no produto final, limitações relacionadas à quantidade e abrangência das informações disponíveis, bem como à velocidade de cálculo dos indicadores.

1.1 Problematização

A problemática abordada neste estudo se baseia em duas limitações identificadas: a quantidade e abrangência das informações obtidas por meio das bases de dados públicas; e a baixa velocidade no cálculo dos indicadores. Essas limitações representam desafios significativos que comprometem a qualidade dos resultados e o desempenho do SGICI.

A primeira limitação refere-se à disponibilidade limitada dos dados nas bases de dados públicas. Embora o SGICI utilize a API SIDRA para buscar 47 variáveis, essa quantidade não abrange todas as necessidades de cálculo dos indicadores. Como resultado,

¹ <<https://apisidra.ibge.gov.br/>> acessado em Maio de 2023

há uma lacuna na obtenção de informações completas e atualizadas para cada município, o que compromete a precisão e a abrangência dos resultados. Essa limitação tem um impacto direto na compreensão e análise do desenvolvimento das cidades inteligentes, uma vez que o SGICI calcula apenas um número reduzido de indicadores e abrange apenas 9 dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável² (ODS), como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – ODS abrangidos pelo SGICI durante a iniciação científica



Fonte: Elaborada pelo autor

A segunda limitação está relacionada à baixa velocidade no cálculo dos indicadores. O processamento dessas informações demanda um tempo considerável, o que dificulta a análise rápida e eficiente dos indicadores, especialmente quando é necessário calcular para um grande número de municípios. Essa lentidão compromete a agilidade na realização de uma análise abrangente dos indicadores, pois o tempo necessário para calcular os indicadores para todos os municípios é significativo.

Diante dessas limitações, torna-se necessário realizar uma investigação aprofundada para compreender as causas subjacentes desses problemas. É essencial explorar alternativas que ampliem a quantidade e a abrangência das informações obtidas, buscando obter um maior número de variáveis por município. Além disso, é fundamental aprimorar a arquitetura do SGICI, otimizando o cálculo dos indicadores e garantindo um desempenho mais eficiente. Essas melhorias são essenciais para superar as limitações identificadas e possibilitar um estudo mais completo e ágil do desenvolvimento das cidades inteligentes.

² <<https://odsbrasil.gov.br/>> acessado em Maio de 2023

1.2 Justificativa

Nesse contexto, faz-se necessária a incorporação da API Ipeadata³ para ampliar a quantidade de variáveis disponíveis no sistema, a fim de obter informações mais abrangentes sobre as cidades inteligentes. A utilização dessa nova fonte de dados permitirá capturar indicadores adicionais e preencher lacunas existentes, fornecendo uma visão mais completa do desenvolvimento dos municípios.

Além disso, é importante realizar melhorias na arquitetura do SGICI para otimizar o cálculo dos indicadores e reduzir o tempo de processamento. Isso garantirá uma análise mais eficiente e ágil, permitindo a obtenção de resultados em um prazo mais curto. A implementação de técnicas de paralelização, como o uso de *threads*, foi explorada para acelerar o processamento dos dados e melhorar a eficiência do sistema.

Assim, justifica-se a continuação deste trabalho como forma de superar as limitações identificadas, aprimorando o sistema de indicadores de cidades inteligentes. As melhorias propostas permitirão uma análise mais abrangente e eficiente do desenvolvimento das cidades inteligentes, contribuindo para a implementação de políticas e o avanço do desenvolvimento sustentável nos municípios brasileiros.

1.3 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral aprimorar o sistema de indicadores de cidades inteligentes, por meio da integração da API Ipeadata e de melhorias na arquitetura e no desempenho do SGICI. Para alcançar esse objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão abordados:

1.3.1 Integração da API Ipeadata no sistema:

- Realizar a integração da API Ipeadata ao sistema existente;
- Configurar o SGICI para buscar e coletar as variáveis relevantes dos indicadores de cidades inteligentes disponíveis na API.

1.3.2 Ampliar a quantidade de indicadores e variáveis disponíveis:

- Explorar e utilizar a API Ipeadata para identificar novas variáveis relevantes para o cálculo de indicadores;
- Incorporar as novas variáveis ao sistema, aumentando a diversidade e abrangência dos indicadores disponíveis;

³ <<http://www.ipeadata.gov.br/api/>> acessado em Maio de 2023

1.3.3 Melhorar o desempenho do SGICI:

- Realizar uma análise detalhada da arquitetura do SGICI atual, identificando possíveis gargalos e pontos de otimização;
- Implementar alterações na arquitetura do SGICI para aprimorar o cálculo dos indicadores e reduzir o tempo de processamento;
- Utilizar técnicas de paralelização, como o uso de *threads*, para acelerar o processamento das informações e melhorar a eficiência do SGICI.

Ao alcançar esses objetivos, espera-se que o sistema de indicadores de cidades inteligentes seja aprimorado, fornecendo uma maior quantidade e diversidade de indicadores, bem como um desempenho mais eficiente no cálculo e na disponibilização dessas informações. Essas melhorias contribuirão para apoiar a implementação de políticas e o desenvolvimento sustentável nos municípios brasileiros, fornecendo dados mais abrangentes para a tomada de decisões.

1.4 Organização do texto

O trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2, é abordada a fundamentação teórica, com ênfase no conceito de cidades inteligentes, indicadores de cidades inteligentes, fontes de dados e ferramentas para análise desses indicadores. Na Seção 3, são descritos os materiais e métodos utilizados, incluindo a coleta de dados, a integração da API Ipeadata, a ampliação da quantidade de indicadores e variáveis disponíveis, as melhorias no desempenho do *software*, a importação e exportação de dados e a disponibilidade do programa em termos de acesso e documentação. Por fim, na Seção 4, são apresentadas as conclusões do trabalho, juntamente com possíveis trabalhos futuros a serem realizados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito de cidades inteligentes

O conceito de cidades inteligentes, também conhecidas como *Smart cities*, tem sido amplamente discutido na literatura relacionada à tecnologia e gestão urbana. No entanto, ainda não há um consenso claro e consistente sobre sua definição, o que tem levado a diferentes interpretações do termo. Neste contexto, este trabalho busca explorar as principais dimensões das cidades inteligentes, considerando tanto o papel da tecnologia quanto o impacto do capital humano e da gestão urbana.

Hollands (2008), por sua vez, destaca a importância de reconhecer o papel fundamental do capital humano e das pessoas no desenvolvimento das cidades inteligentes. Embora a tecnologia seja uma ferramenta essencial, investimentos criteriosos em capital humano, capital social e infraestrutura são igualmente necessários para promover um crescimento econômico sustentável e proporcionar uma alta qualidade de vida (CARAGLIU; BO; NIJKAMP, 2011).

Segundo Angelidou (2015), as cidades inteligentes representam um modelo conceitual de desenvolvimento urbano que se baseia no aproveitamento do capital humano e da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) para impulsionar o progresso, a eficiência e a competitividade das aglomerações urbanas. Nesse sentido, é importante destacar que uma cidade inteligente se configura como um modelo de desenvolvimento urbano que se apoia fortemente em recursos tecnológicos e humanos (ANGELIDOU, 2014).

No entanto, Navarro, López e Peña (2017) argumentam que o conceito de cidades inteligentes vai além das novas tecnologias e envolve a capacidade de gerenciar efetivamente os ativos intangíveis. Isso inclui não apenas a influência das novas tecnologias no desenvolvimento futuro das cidades, mas também a gestão do conhecimento no contexto urbano, com ênfase nas cidades baseadas no conhecimento e na economia do conhecimento e da inovação.

Ao analisar essas diferentes perspectivas, é possível observar que as cidades inteligentes não se limitam apenas à implementação de tecnologias avançadas. Elas envolvem a interação entre o capital humano, a gestão urbana e as inovações tecnológicas para impulsionar o desenvolvimento e a competitividade entre os municípios.

2.2 Indicadores de cidades inteligentes

Uma abordagem fundamental para mensurar o progresso das cidades em direção ao objetivo de se tornarem cidades inteligentes é o uso de indicadores específicos. Esses indicadores, semelhantes aos utilizados nas cidades inteligentes, permitem avaliar o desempenho das cidades com base em parâmetros bem definidos (KLOPP; PETRETTA, 2017). Destaca-se a importância desses indicadores como ferramentas essenciais para medir e monitorar o avanço das cidades no processo de se tornarem inteligentes.

Os indicadores de cidades inteligentes têm se mostrado valiosos para gestores municipais e formuladores de políticas. Esses indicadores fornecem informações importantes que auxiliam na tomada de decisões estratégicas, permitindo que os gestores direcionem seus esforços e recursos para as áreas prioritárias em busca do desenvolvimento de cidades inteligentes (ALBINO; BERARDI; DANGELICO, 2015).

Assim, a utilização dos indicadores de cidades inteligentes vai além da medição do progresso, servindo também como um guia para os gestores municipais e formuladores de políticas na implementação de ações e políticas voltadas para o desenvolvimento de cidades inteligentes. Essa abordagem contribui para uma tomada de decisão informada e direcionada, impulsionando o desenvolvimento sustentável e eficiente das cidades.

Os ODS foram estabelecidos na Agenda 2030 e implementados em 2016, dando continuidade aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio definidos na Agenda de Desenvolvimento do Milênio (2000-2015) (IBGE, 2023). Proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, a Agenda 2030 estabeleceu 17 ODS e 169 metas que abrangem uma ampla gama de questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Esses objetivos têm como propósito assegurar os direitos humanos, promover a igualdade de gênero e o empoderamento das mulheres e meninas. São interligados e indivisíveis, abrangendo as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental (ONU, 2015).

No âmbito dos indicadores de cidades inteligentes, diversas organizações desenvolveram suas próprias abordagens para mensurar e avaliar o progresso das cidades. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) elaborou os Indicadores Brasileiros para os ODS, que oferecem uma estrutura para acompanhar o desempenho das cidades em relação às metas estabelecidas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também desempenha um papel importante, certificando indicadores voltados para cidades e comunidades sustentáveis. Além disso, o Programa Cidades Sustentáveis¹ apresenta seus próprios conjuntos de indicadores, alinhados com as metas dos ODS.

Neste trabalho, concentramos nossa análise nos indicadores do Programa Cidades Sustentáveis, selecionados por sua relevância e consistência metodológica. Esses indicadores estão diretamente vinculados a metas específicas dos ODS, proporcionando uma estrutura

¹ <<https://www.cidadessustentaveis.org.br/paginas/pcs>> acessado em Junho de 2023

coerente para avaliar o progresso das cidades em direção à sustentabilidade. Cada indicador está estritamente relacionado a uma única meta, permitindo uma análise mais precisa e direcionada.

Ao adotar os indicadores de cidades inteligentes baseados nos ODS, os gestores municipais e formuladores de políticas podem direcionar seus esforços para áreas prioritárias, alinhando suas ações com uma visão global de desenvolvimento sustentável. Essa abordagem integrada e abrangente contribui para uma tomada de decisão informada e direcionada, impulsionando o desenvolvimento sustentável e eficiente das cidades, com benefícios tanto para as gerações presentes quanto para as futuras.

2.3 Fontes de dados para cidades inteligentes

O avanço das TIC nas últimas décadas tem desempenhado um papel fundamental na promoção da transparência governamental. Através dessas tecnologias, principalmente da Internet, tornou-se possível potencializar a divulgação de informações e dados governamentais, permitindo um acesso mais amplo e facilitado às informações da Administração Pública (VAZ; RIBEIRO; MATHEUS, 2011).

No contexto brasileiro, o Portal Brasileiro de Dados Abertos² se destaca como o principal provedor de dados abertos no âmbito do governo federal, disponibilizando mais de doze mil conjuntos de dados. No entanto, é importante ressaltar a necessidade de disponibilizar esses dados em um formato não proprietário e legível por máquina (MACEDO; LEMOS, 2019). Infelizmente, observa-se uma baixa adesão do Governo Federal em oferecer os dados abertos em um formato compatível, e essa situação se agrava ainda mais nas esferas municipais, onde a padronização é praticamente inexistente (LEMOS, 2021).

É crucial destacar que a disponibilização dos dados em um formato compatível e legível por máquina desempenha um papel fundamental na facilitação do uso dessas informações por programas e sistemas, permitindo um acesso e uma utilização mais eficientes dos dados governamentais.

2.4 Ferramentas para análise de indicadores de cidades inteligentes

No contexto das cidades inteligentes, há uma variedade de ferramentas disponíveis na *web* que oferecem a visualização de indicadores de cidades inteligentes. Entre essas ferramentas, destacam-se os indicadores disponibilizados pelo IBGE³ e pelo Programa Cidades Sustentáveis⁴.

² <<https://dados.gov.br/home>> acessado em Maio de 2023

³ <<https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=1>> acessado em Maio de 2023

⁴ <<https://www.cidadessustentaveis.org.br/indicadores>> acessado em Junho de 2023

No entanto, é importante observar que essas ferramentas apresentam uma limitação em relação à flexibilidade e personalização dos indicadores. Elas exibem apenas as informações disponíveis para os indicadores predefinidos, não permitindo a utilização de outros indicadores ou a inserção de valores para o cálculo de novos indicadores.

Para suprir essa necessidade, foi desenvolvido durante a iniciação científica o SGICI que representa o início de uma ferramenta que tem como objetivo unificar a informação disponível e calcular os indicadores de cidades inteligentes de forma mais flexível e personalizada. Sua base de indicadores é composta pelos indicadores do Programa Cidades Sustentáveis.

O SGICI oferece uma ampla gama de vantagens ao calcular até 33 indicadores para qualquer município brasileiro. Utilizando o CEP (Código de Endereçamento Postal) e o ano desejado, o SGICI obtém dados governamentais do IBGE através da API SIDRA, essenciais para o cálculo dos indicadores de cidades inteligentes.

Na Figura 2, é possível visualizar a interface intuitiva do SGICI, responsável pelo cálculo dos indicadores específicos para um determinado município.

Figura 2 – Interface que calcula os indicadores de cidades inteligentes

Selecione os indicadores para o cálculo: Desmarcar Todos

Código	Nome	Descrição	Meta	Método de cálculo	Indicador padrão	Selecciona
1	Distribuição de renda: até 1/2 salário míni...	Distribuição perc...	1.1	1/224x[100]	true	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Distribuição de renda: de 1/2 a 1 salário m...	Distribuição perc...	1.1	2/224x[100]	true	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Distribuição de renda: de 1 a 2 salários mí...	Distribuição perc...	1.1	3/224x[100]	true	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Distribuição de renda: de 2 a 5 salários mí...	Distribuição perc...	1.1	4/224x[100]	true	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Distribuição de renda: de 5 a 10 salários ...	Distribuição perc...	1.1	5/224x[100]	true	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Distribuição de renda: de 10 a 20 salários ...	Distribuição perc...	1.1	6/224x[100]	true	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Distribuição de renda: recebe mais de 20 ...	Distribuição perc...	1.1	7/224x[100]	true	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Distribuição de renda: sem rendimento	Distribuição perc...	1.1	8/224x[100]	true	<input checked="" type="checkbox"/>
9	População em situação de rua	Percentual da po...	1.1	285/10x[100]	true	<input checked="" type="checkbox"/>

Realizar os cálculos para um município
 Realizar os cálculos para todos os municípios

Digite um CEP do município:

Digite um ano para o cálculo (Formato AAAA):

Anos a mais para busca retroativa das variáveis:

Fonte: Elaborada pelo autor

Já na Figura 3, temos duas tabelas: a primeira exibindo os resultados dos indicadores calculados e a segunda mostrando os indicadores que não puderam ser calculados devido à falta de dados. Nessa segunda tabela, é possível inserir manualmente os valores necessários para realizar o cálculo desses indicadores.

Figura 3 – Interface que exhibe a tabela de resultados

Indicadores para o município: Alfenas(MG)											
Indicadores com valor:											
Código do indica...	Número da ODS	Número da meta	Nome do indicador	Código do municí...	Nome do município	Nome da UF	Data	Resultado	Valor oficial	Indicador padrão	Mostrar cálculos
8	1	1.1	Distribuição de re...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	32,57	true	true	Mostrar
7	1	1.1	Distribuição de re...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	0,32	true	true	Mostrar
3	1	1.1	Distribuição de re...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	21,54	true	true	Mostrar
6	1	1.1	Distribuição de re...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	1,08	true	true	Mostrar
5	1	1.1	Distribuição de re...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	3,50	true	true	Mostrar
4	1	1.1	Distribuição de re...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	12,07	true	true	Mostrar
2	1	1.1	Distribuição de re...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	25,26	true	true	Mostrar
1	1	1.1	Distribuição de re...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	3,66	true	true	Mostrar
10	1	1.2	Pessoas com ren...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	1,45	true	true	Mostrar
14	1	1.4	Domicílios com a...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	89,41	true	true	Mostrar
156	3	3.2	Mortalidade neon...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	4,06	true	true	Mostrar
154	3	3.2	Mortalidade infant...	3101607	Alfenas	Minas Gerais	2020	9,13	true	true	Mostrar

Indicadores sem valor:								
Código do indicador	Nome do indicador	Método de cálculo	Código da variável	Nome da variável	Data	Valor da variável	Valor oficial	Calcular
9	População em situação	285/19x(100)	19	População total do mun...	2020	73774	true	<input type="button" value="Calcular"/>
			285	Número de pessoas e...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
11	Famílias inscritas no Ca...	4056/4057x(100)	4056	Número total de família...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
			4057	Número de famílias resi...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
12	Quantidade de famílias	275/276x(100)	275	Número total de família...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
			276	Número total de família...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
13	Valor total repassado às...	4147	4147	Valor total repassado às...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
15	Renda municipal detida	4119/4120x(100)	4119	Renda municipal detida	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
			4120	Renda de todas as faixas...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
16	Terras indígenas no mu...	4132/27x(100)	27	Área total do município	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
			4132	Número total, em quilô...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
17	Títulos expedidos às co...	4133/4135x(100)	4133	Número de títulos exped...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>
			4135	Número total de títulos s...	2020	-	false	<input type="button" value="Calcular"/>

Fonte: Elaborada pelo autor

O SGICI oferece muito mais do que apenas o cálculo dos indicadores de cidades inteligentes. Com esse sistema, os usuários têm o poder de gerenciar de forma flexível todas as informações relacionadas aos indicadores, variáveis, metas e ODS. Na Figura 4, podemos visualizar a interface que exhibe detalhadamente as informações sobre os indicadores. Já na Figura 5, temos a interface de edição, onde é possível realizar alterações nos indicadores conforme necessário. Além disso, na Figura 6, encontramos a interface para cadastrar novos indicadores.

Figura 4 – Interface que exhibe os indicadores

Indicadores de cidades inteligentes					
Código	Nome	Descrição	Meta	Método de cálculo	Indicador padrão
1	Distribuição de renda: até 1/2 salário mínimo	Distribuição percentual p...	1.1	1/224x(100)	true
2	Distribuição de renda: de 1/2 a 1 salário míni...	Distribuição percentual p...	1.1	2/224x(100)	true
3	Distribuição de renda: de 1 a 2 salários míni...	Distribuição percentual p...	1.1	3/224x(100)	true
4	Distribuição de renda: de 2 a 5 salários míni...	Distribuição percentual p...	1.1	4/224x(100)	true
5	Distribuição de renda: de 5 a 10 salários mí...	Distribuição percentual p...	1.1	5/224x(100)	true
6	Distribuição de renda: de 10 a 20 salários m...	Distribuição percentual p...	1.1	6/224x(100)	true
7	Distribuição de renda: recebe mais de 20 sa...	Distribuição percentual p...	1.1	7/224x(100)	true
8	Distribuição de renda: sem rendimento	Distribuição percentual p...	1.1	8/224x(100)	true
9	População em situação de rua	Percentual da população...	1.1	285/19x(100)	true
10	Pessoas com renda de até 1/4 do salário mí...	Percentual da população...	1.2	79/224x(100)	true

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 5 – Interface que edita os indicadores

Lista dos indicadores:

Código	Nome	Descrição	Meta	Método de cálculo	Indicador padrão	Seleciona
1	Distribuição de renda: até 1/2 salário ...	Distribuição percentual ...	1.1	1/224x[100]	true	<input type="checkbox"/>
2	Distribuição de renda: de 1/2 a 1 salári...	Distribuição percentual ...	1.1	2/224x[100]	true	<input type="checkbox"/>
3	Distribuição de renda: de 1 a 2 salário...	Distribuição percentual ...	1.1	3/224x[100]	true	<input type="checkbox"/>
4	Distribuição de renda: de 2 a 5 salário...	Distribuição percentual ...	1.1	4/224x[100]	true	<input type="checkbox"/>
5	Distribuição de renda: de 5 a 10 salári...	Distribuição percentual ...	1.1	5/224x[100]	true	<input type="checkbox"/>
6	Distribuição de renda: de 10 a 20 salá...	Distribuição percentual ...	1.1	6/224x[100]	true	<input type="checkbox"/>
7	Distribuição de renda: recebe mais de...	Distribuição percentual ...	1.1	7/224x[100]	true	<input type="checkbox"/>
8	Distribuição de renda: sem rendimento	Distribuição percentual ...	1.1	8/224x[100]	true	<input type="checkbox"/>
9	População em situação de rua	Percentual da populaçã...	1.1	285/19x[100]	true	<input type="checkbox"/>
10	Pessoas com renda de até 1/4 do sal...	Percentual da populaçã...	1.2	79/224x[100]	true	<input type="checkbox"/>

Atualizar Excluir

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 6 – Interface que cadastra os indicadores

Nome do indicador:

Tipo do plano:

Nome do plano:

Eixo: Ação Local para a Saúde Meta:

Descrição:

Informações técnicas:

Método de cálculo:

Incluir indicadores

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	/	+	-	[]	()	Apagar	

Variáveis cadastradas no banco de dados:

Código	Banco	Nome	Código do banco	Atualização	Variável padrão
1	Sidra	População com 10 anos ou mais e...	1384/n1/all/w/allx...	Decenal	true
2	Sidra	População com 10 anos ou mais e...	1384/n1/all/w/allx...	Decenal	true
3	Sidra	População com 10 anos ou mais e...	1384/n1/all/w/allx...	Decenal	true
4	Sidra	População com 10 anos ou mais e...	1384/n1/all/w/allx...	Decenal	true
5	Sidra	População com 10 anos ou mais e...	1384/n1/all/w/allx...	Decenal	true
6	Sidra	População com 10 anos ou mais e...	1384/n1/all/w/allx...	Decenal	true
7	Sidra	População com 10 anos ou mais e...	1384/n1/all/w/allx...	Decenal	true

Cadastrar indicador Limpar campos

Fonte: Elaborada pelo autor

Vale ressaltar que essas funcionalidades se aplicam não apenas aos indicadores, mas também a todas as outras categorias mencionadas, proporcionando aos usuários do SGICI um controle completo e abrangente sobre os dados referentes aos indicadores.

A ferramenta SGICI desenvolvida na iniciação científica foi aprimorada ao longo do trabalho atual, ampliando sua base de dados, incorporando novas funcionalidades e refinando sua capacidade de cálculo. Nos próximos tópicos, serão apresentados em detalhes os resultados e contribuições da ferramenta SGICI aprimorada, destacando suas vantagens e potenciais benefícios para a análise e monitoramento do desenvolvimento sustentável nos municípios brasileiros.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A seção de Materiais e Métodos deste trabalho aborda os procedimentos e recursos utilizados para o aprimoramento do SGICI. Os materiais e métodos adotados foram fundamentais para alcançar os objetivos propostos, como: a coleta de dados; a integração da API Ipeadata; a ampliação da quantidade de indicadores e variáveis disponíveis; a melhoria do desempenho do SGICI; e a implementação de recursos de importação e exportação de dados. Além disso, destacaremos a importância da disponibilidade do SGICI, facilitando o acesso e a colaboração com a comunidade interessada, bem como a documentação abrangente que acompanha o SGICI.

3.1 Coleta de dados

A coleta de dados desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do sistema de indicadores de cidades inteligentes. Nesta etapa, foram realizadas pesquisas criteriosas para identificar fontes confiáveis e abrangentes de dados municipais. A busca foi direcionada ao Portal Brasileiro de Dados Abertos, onde priorizamos a seleção de bases de dados que disponibilizassem uma API, permitindo a extração direta dos dados para serem utilizados no programa.

A API Ipeadata foi identificada como uma fonte rica de informações, abrangendo diversos aspectos demográficos, econômicos e geográficos relevantes para a análise dos indicadores de cidades inteligentes. Uma exploração minuciosa dos dados disponíveis na API foi conduzida, com o objetivo de avaliar a quantidade e a relevância das informações para o sistema de indicadores. Além disso, realizamos uma exploração adicional na API do SIDRA, visando mapear e identificar novas variáveis que poderiam ser incorporadas ao programa.

A coleta de dados por meio dessas APIs, aliada à exploração das variáveis e ao mapeamento do acervo, resultou em um conjunto de dados significativo e abrangente para o sistema de indicadores. Essa abordagem visa garantir uma análise abrangente e detalhada dos indicadores, proporcionando uma melhor compreensão do desenvolvimento das cidades inteligentes no contexto brasileiro.

3.2 Integração da API Ipeadata

A integração da API Ipeadata foi realizada de forma cuidadosa e precedida por modificações necessárias para sua incorporação ao SGICI. Para garantir a flexibilidade do

código e permitir futuras incorporações de outras bases de dados que utilizem APIs, foi adotado o padrão de projeto *Strategy*. Esse padrão possibilita a fácil extensão do SGICI para novas APIs, facilitando sua adaptação e atualização.

No processo de integração da API Ipeadata, utilizamos a documentação disponibilizada pelo próprio sítio da API para configurar corretamente a busca automatizada no SGICI. Essa integração permitiu que o SGICI pudesse acessar a API e coletar as informações desejadas de maneira automatizada, assim como já ocorre com as variáveis do SIDRA. Com apenas um código identificador do dado a ser buscado, o SGICI é capaz de realizar a requisição à API e obter os dados necessários.

A API Ipeadata retorna os dados no formato JavaScript Object Notation (JSON), contendo os campos "SERCODIGO", "VALDATA", "VALVALOR", "NIVNOME" e "TERCODIGO". Para buscar as variáveis, utilizamos o campo "SERCODIGO", enquanto o campo "TERCODIGO" é utilizado para separar os valores específicos de cada município. O campo "VALDATA" é empregado para filtrar os dados de acordo com os anos desejados. Por fim, o campo "VALVALOR" é fundamental, pois contém o valor da variável para o município e ano selecionados, possibilitando o cálculo dos indicadores.

Além disso, a integração da API Ipeadata no SGICI permite que o usuário possa cadastrar novas variáveis disponíveis no IPEA. Essas variáveis serão utilizadas no cálculo dos indicadores, ampliando ainda mais a diversidade de informações disponíveis para a análise das cidades inteligentes.

Dessa forma, a integração da API Ipeadata proporciona ao SGICI a capacidade de buscar e coletar informações automaticamente, contribuindo para a atualização e enriquecimento contínuo do conjunto de dados utilizado no sistema de indicadores de cidades inteligentes.

3.3 Ampliação da quantidade de indicadores e variáveis disponíveis

A ampliação da quantidade de variáveis e indicadores disponíveis no SGICI ocorreu após a etapa de coleta de dados, utilizando as variáveis encontradas durante a exploração das APIs do SIDRA e do Ipeadata.

Durante essa etapa, foi realizado um processo de busca dos códigos das variáveis nas respectivas APIs. Esses códigos são essenciais para identificar o endereço do recurso que será consumido pelas APIs. Para as variáveis do SIDRA, o código foi obtido por meio do Acervo SIDRA do IBGE¹, que é um recurso online que permite o manuseio dos dados pela web. Já para as variáveis do IPEA, o código foi obtido através da utilização da biblioteca `ipeadatapy`², disponibilizada pelo próprio IPEA.

¹ <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/Q>> acessado em Maio de 2023

² <<https://github.com/luanborelli/ipeadatapy>> acessado em Maio de 2023

Após obter os códigos das variáveis, foi realizada a formatação desses dados para se adequarem ao padrão das variáveis do SGICI. Essa formatação foi necessária para garantir a correta importação e utilização das informações no SGICI. Com os dados já formatados, é possível importá-los para o SGICI por meio das próprias funcionalidades presentes no SGICI.

No início do desenvolvimento deste projeto, o SGICI limitava-se à busca de 47 variáveis na API do SIDRA e calculava apenas 33 indicadores de cidades inteligentes. Entretanto, após a exploração, coleta de dados, formatação e importação das variáveis, houve uma ampliação significativa no número de variáveis buscadas. Atualmente, o SGICI busca 98 variáveis, sendo 62 provenientes da API do SIDRA e 36 provenientes da API do Ipeadata. Com essa ampliação, o SGICI consegue calcular 62 indicadores de cidades inteligentes para todos os municípios brasileiros de forma automatizada. Na Figura 7 podemos visualizar a tabela de resultados com os novos indicadores calculados.

Figura 7 – Interface que exibe os resultados dos indicadores para Alfenas em 2020

Indicadores para o município: Alfenas(MG)										
Indicadores com resultado:										
Código do indicador	ODS	Meta	Nome do indicador	Descrição	Código do município	Data	Resultado	Valor oficial	Indicador padrão	Mostrar cálculos
126	6	6.1	Acesso permanente	Porcentagem de domicílios atendidos pelo abastecimento público...	3101607	2020	94,02	true	true	Mostrar
125	6	6.2	Esgoto que não rece...	Porcentual de esgoto que não recebe nenhum tipo de tratamento...	3101607	2020	43,57	true	true	Mostrar
127	6	6.2	Rede de esgoto	Porcentual de domicílios urbanos sem ligação com a rede de esg...	3101607	2020	0,07	true	true	Mostrar
131	7	7.1	Domicílios com acce...	Porcentual de domicílios com acesso à energia elétrica sobre o tot...	3101607	2020	99,97	true	true	Mostrar
133	8	8.1	PIB do município	Produto Interno Bruto do município.	3101607	2020	2724216,00	true	true	Mostrar
137	8	8.1	PIB municipal per ca...	Produto Interno Bruto municipal per capita.	3101607	2020	33,84	true	true	Mostrar
134	8	8.4	Consumo de água n...	Porcentual do consumo de água na atividade local por setor, sobr...	3101607	2020	1,55	true	true	Mostrar
135	8	8.4	Consumo de água n...	Porcentual do consumo de água na atividade local por setor, sobr...	3101607	2020	8,34	true	true	Mostrar
136	8	8.4	Consumo de água n...	Porcentual do consumo de água na atividade local por setor, sobr...	3101607	2020	83,93	true	true	Mostrar
174	9	9.2	Participação da indú...	Porcentual de participação da indústria no Produto Interno Bruto (P...	3101607	2020	18,15	true	true	Mostrar
184	10	10.2	Índice de Desenvolm...	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) municipal.	3101607	2020	0,76	true	true	Mostrar
200	11	11.1	Propriedade de imóv...	Porcentual de imóveis locados no município sobre o total de imóv...	3101607	2020	20,86	true	true	Mostrar
199	11	11.1	População residente...	Porcentual da população urbana que reside em aglomerados sub...	3101607	2020	0,00	true	true	Mostrar
198	11	11.7	População idosa	Existência no município de Conselho Municipal do Idoso. Listar as...	3101607	2020	12,35	true	true	Mostrar
223	12	12.5	Acesso a serviço de...	Porcentual de domicílios com acesso a serviço de coleta de resid...	3101607	2020	96,88	true	true	Mostrar
243	16	16.2	Homicídio juvenil	Número de mortes por homicídio, na faixa etária de 15 a 29 anos (I...	3101607	2020	2,08	true	true	Mostrar

Indicadores sem resultado:										
Código do indicador	Nome do indicador	Método de cálculo	Código da variável	Nome da variável	Data	Valor da variável	Valor atualizado	Valor oficial	Calcular	
13	População em situaç...	285/19x(100)	19	População total do m...	2020	-	false	false	<input type="checkbox"/>	
			285	Número de pessoas ...	2020	-	false	false	<input type="checkbox"/>	
14	Terras indígenas no ...	4132/27x(100)	27	Área total do municípi...	2020	850,446	true	true	<input type="checkbox"/>	
			4132	Número total, em quil...	2020	-	false	false	<input type="checkbox"/>	
15	Afetados por eventos...	3976	3976	Número de afetados ...	2020	-	false	false	<input type="checkbox"/>	
16	Valor total repassado...	4147	4147	Valor total repassado...	2020	-	false	false	<input type="checkbox"/>	
17	Quantidade de famíli...	275/276x(100)	275	Número total de famíli...	2020	-	false	false	<input type="checkbox"/>	
			276	Número total de famíli...	2020	-	false	false	<input type="checkbox"/>	
18	Famílias inscritas no ...	4056/4057x(100)	4056	Número total de famíli...	2020	-	false	false	<input type="checkbox"/>	
			4057	Número de famílias r...	2020	-	false	false	<input type="checkbox"/>	

Fonte: Elaborada pelo autor

Além disso, é importante ressaltar que, com a adição das novas variáveis e os indicadores calculados, o SGICI passou a abranger agora 13 dos 17 ODS, como pode ser visto na Figura 8. Essa ampliação dos ODS contemplados pelos indicadores reflete a abrangência e relevância da análise realizada, proporcionando uma visão mais completa e aprofundada do desenvolvimento sustentável das cidades inteligentes no contexto brasileiro.

Figura 8 – ODS Abrangidos após a ampliação dos indicadores calculados



Fonte: Elaborada pelo autor

3.4 Melhoria do desempenho do SGICI

Nesta seção, abordaremos algumas melhorias implementadas visando aprimorar o desempenho do SGICI. Dentre as áreas de foco, destacam-se: a otimização da busca das variáveis SIDRA em escala municipal; o aprimoramento da arquitetura para otimização do cálculo de indicadores; e a otimização do tempo de processamento com o uso de *threads*.

3.4.1 Otimização da busca das variáveis SIDRA em escala municipal

No modelo anterior, início deste projeto, o SGICI não possuía um método específico para realizar a busca de uma variável para todos os municípios de forma eficiente. O processo era realizado individualmente para cada município, resultando em uma grande perda de desempenho. Reconhecendo essa limitação, uma nova abordagem foi implementada, baseada na documentação da API SIDRA, visando a busca simultânea da variável para todos os municípios.

Essa melhoria permitiu a otimização do processo de busca, reduzindo significativamente o tempo necessário para obter as informações desejadas. Agora, em uma única operação, o SGICI é capaz de buscar uma variável específica, simultaneamente para todos os municípios, agilizando consideravelmente o acesso aos dados necessários. Essa mudança se mostrou mais eficiente e rápida em comparação com o modelo anterior, aprimorando o desempenho global do sistema.

Ao implementar esse novo método, o SGICI passou a aproveitar ao máximo as funcionalidades oferecidas pela API SIDRA, garantindo um processo mais eficiente de coleta de dados. Essa otimização na busca das variáveis para todos os municípios contribuiu diretamente para a agilidade e eficácia no cálculo dos indicadores de cidades inteligentes.

3.4.2 Aprimoramento da arquitetura para otimização do cálculo de indicadores

No processo de aprimoramento da arquitetura do SGICI, foram realizadas melhorias significativas para otimizar o cálculo de indicadores de cidades inteligentes. A arquitetura principal permaneceu modular, com cada módulo desempenhando uma função específica, porém, uma refatoração geral foi feita visando tornar o código mais limpo, claro e eficiente.

No modelo anterior, o cálculo dos indicadores era dividido em três etapas:

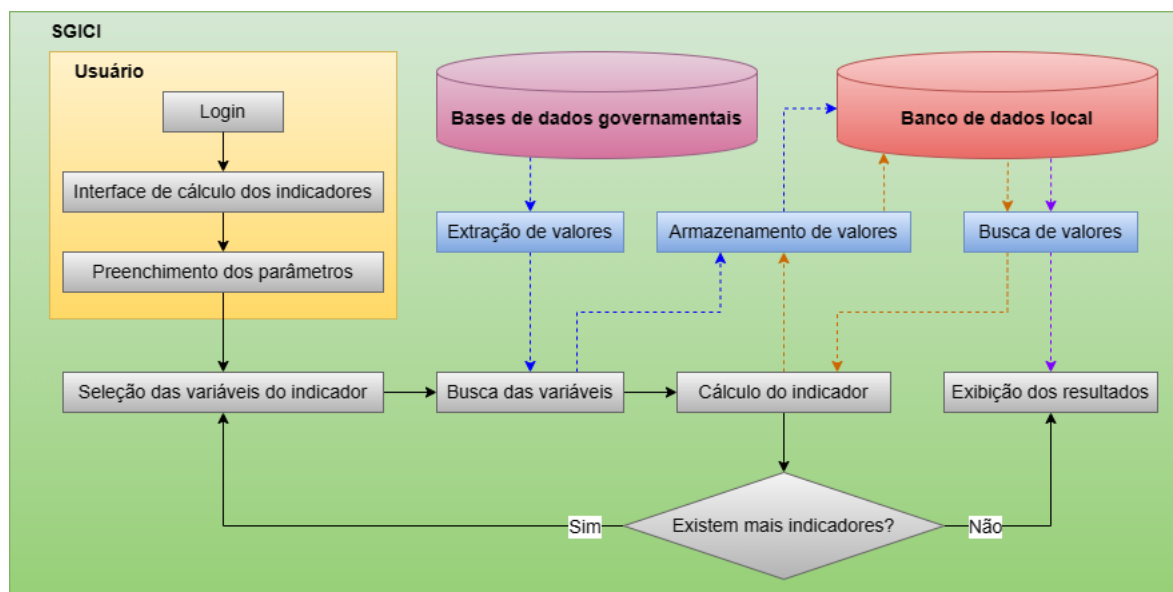
- **Etapa 1: Interação do usuário:** Usuário interage com o sistema, realizando o login, selecionando os indicadores e definindo a ordem de cálculo.
- **Etapa 2: Laço de repetição:** Um laço de repetição sobre os indicadores verifica se cada indicador já foi calculado. Caso não tenha sido calculado, as variáveis necessárias para o cálculo do indicador são selecionadas e verificadas no banco de dados local. Se os valores das variáveis não estiverem presentes no banco de dados local, eles são buscados nas bases de dados governamentais, e armazenados localmente. Por fim o indicador é calculado.
- **Etapa 3: Exibição dos resultados:** Exibição dos resultados dos indicadores.

Essa abordagem apresentava um desempenho inadequado, especialmente quando indicadores compartilhavam a mesma variável, resultando em operações desnecessárias e perda de eficiência. A Figura 9 representa o modelo anterior.

Para solucionar esse problema, uma nova abordagem foi implementada, desmembrando a segunda etapa em etapas adicionais. No novo modelo, o cálculo dos indicadores é dividido em sete etapas:

- **Etapa 1: Interação do usuário:** Usuário interage com o sistema, realizando o login, selecionando os indicadores e definindo a ordem de cálculo.
- **Etapa 2: Filtragem dos indicadores:** Nesta etapa, é realizada uma filtragem para identificar os indicadores que ainda não foram calculados em execuções anteriores do sistema.
- **Etapa 3: Seleção das variáveis:** As variáveis relacionadas aos indicadores filtrados na etapa anterior são buscadas no banco de dados local.

Figura 9 – Modelo anterior



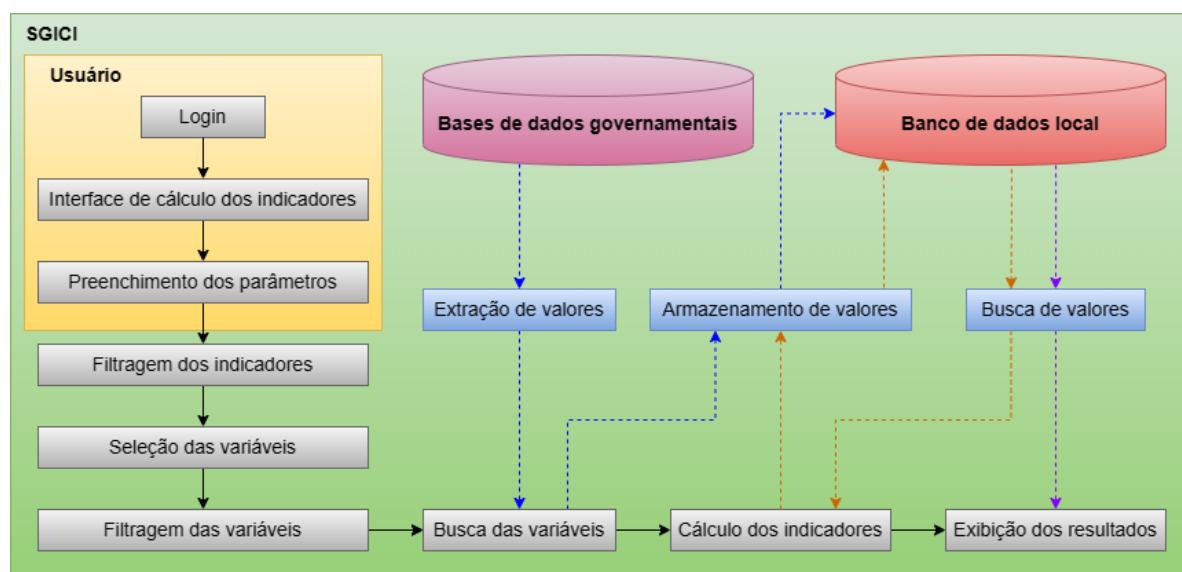
Fonte: Elaborada pelo autor

- **Etapa 4: Filtragem das variáveis:** Uma nova filtragem é realizada para identificar as variáveis que não possuem valores salvos no banco de dados local.
- **Etapa 5: Busca das variáveis:** Nesta etapa, os valores das variáveis filtradas na etapa anterior são buscados nas bases de dados governamentais. Os valores obtidos são então armazenados no banco de dados local.
- **Etapa 6: Cálculo dos indicadores:** Os indicadores filtrados na Etapa 2 são calculados utilizando os valores armazenados localmente. O valor dos indicadores calculados são armazenados no banco de dados local.
- **Etapa 7: Exibição dos resultados:** Exibição dos resultados dos indicadores.

A Figura 10 representa o modelo atual.

No caso de calcular os indicadores para todos os municípios, a abordagem anterior executava o mesmo procedimento para cada município individualmente. Já na nova abordagem, a quinta etapa é adaptada para buscar os dados das variáveis para todos os municípios, enquanto a sexta etapa realiza o cálculo desses indicadores em escala municipal. Essa nova abordagem garante um processo mais claro, direto e eficiente, executando apenas as operações necessárias. Como resultado, o cálculo de indicadores é otimizado, proporcionando uma melhoria significativa no desempenho do SGICI.

Figura 10 – Modelo atual



Fonte: Elaborada pelo autor

3.4.3 Otimização do tempo de processamento com o uso de *threads*

No processo de aprimoramento da arquitetura do SGICI, uma das medidas adotadas para otimizar o cálculo dos indicadores de cidades inteligentes foi a utilização de *threads* para paralelizar as buscas nas bases de dados governamentais. Essa abordagem se mostrou fundamental, uma vez que a busca das variáveis nas APIs era a tarefa que consumia mais tempo no SGICI, resultando em longos períodos de espera.

Anteriormente, o SGICI ficava em espera até que os dados fossem buscados, impactando negativamente o desempenho. No entanto, com a implementação do uso de *threads*, tornou-se possível realizar várias buscas simultaneamente, acelerando o processo de obtenção dos dados necessários para o cálculo dos indicadores. Dessa forma, o tempo gasto nessas buscas foi reduzido significativamente.

Além da busca das variáveis, as *threads* também foram aplicadas no cálculo dos indicadores. Como essas operações podem ser paralelizadas sem prejuízo, a utilização de *threads* nessa etapa contribuiu ainda mais para a eficiência do SGICI.

O SGICI determina automaticamente a quantidade de *threads* a serem utilizadas em seu funcionamento, verificando o número de núcleos disponíveis na máquina do usuário no momento do login. Essa abordagem garante que o SGICI aproveite todo o potencial de máquinas mais robustas, maximizando o desempenho, ao mesmo tempo em que se adapta eficientemente a máquinas com menor capacidade, permitindo a utilização da ferramenta em diferentes ambientes.

Com a implementação do uso de *threads* para a busca das variáveis e o cálculo dos indicadores, juntamente com as melhorias na arquitetura do SGICI e a otimização

da busca das variáveis SIDRA em escala municipal, obtivemos uma melhoria expressiva no desempenho do cálculo dos indicadores de cidades inteligentes. Anteriormente, o processo de cálculo dos indicadores para todos os municípios era demorado, levando dias para ser concluído. No entanto, com as mudanças realizadas, esse processo foi reduzido drasticamente, sendo concluído em questão de minutos. Essa otimização notável no tempo de processamento resultou em uma experiência mais eficiente e ágil para os usuários.

3.5 Importação e exportação de dados: versatilidade e acessibilidade

A importação de dados desempenha um papel fundamental no SGICI, permitindo o acesso a informações governamentais valiosas que não estão disponíveis por meio de APIs ou em formatos proprietários. A fim de viabilizar a utilização desses dados no SGICI, foi implementada uma nova funcionalidade que possibilita a importação de dados no formato CSV (valores separados por vírgula), abrangendo uma quantidade maior de variáveis.

Essa funcionalidade de importação de dados em formato CSV desempenha um papel essencial ao possibilitar a utilização de informações adicionais para o cálculo dos indicadores de cidades inteligentes. Ao importar esses dados, o SGICI amplia sua capacidade de análise, agregando informações relevantes e enriquecendo os resultados obtidos.

Da mesma forma, foi desenvolvida a funcionalidade de exportação dos indicadores calculados em formato CSV, seguindo a preocupação de disponibilizar os resultados de maneira acessível e não proprietária. Essa opção permite que os usuários utilizem os indicadores calculados em outros contextos e áreas de estudo, facilitando a integração dos dados com outras ferramentas e sistemas.

Com a implementação dessas funcionalidades de importação e exportação de dados em formato CSV, o SGICI ganha em versatilidade, possibilitando uma maior flexibilidade no uso dos dados governamentais, e interoperabilidade com a exportação dos resultados obtidos a partir do cálculo dos indicadores.

3.6 Disponibilidade do SGICI: Acesso e Documentação

O SGICI e os dados utilizados estão disponíveis no repositório do GitHub, facilitando o acesso e a colaboração com a comunidade. O repositório contém informações abrangentes, como a licença, o funcionamento do SGICI, guias de instalação e o manual completo para utilizar todas as funcionalidades disponíveis. Para acessar o repositório, basta visitar o seguinte link: <<https://github.com/gabriel-takahiro/cidades-inteligentes>>.

Além disso, uma documentação detalhada foi elaborada para oferecer suporte aos usuários. Essa documentação pode ser acessada através do link: <<https://gabriel-takahiro.github.io/cidades-inteligentes/como%20utilizar/html/index.html>>. Nesse recurso, os usuá-

rios encontrarão instruções passo a passo sobre como utilizar o SGICI, garantindo uma experiência fácil e intuitiva.

Com a disponibilidade desses recursos, nosso objetivo é garantir a acessibilidade e a disponibilidade do SGICI, permitindo que usuários interessados possam utilizá-lo, colaborar e aproveitar ao máximo as funcionalidades oferecidas.

3.7 Resultados

Nesta seção, apresentamos os resultados obtidos nos testes de cálculo dos indicadores de cidades inteligentes para todos os municípios brasileiros. Foram realizados dois conjuntos de testes: um utilizando a versão do SGICI desenvolvida na iniciação científica e outro utilizando a versão aprimorada neste trabalho.

No primeiro conjunto de testes, a versão original do SGICI da iniciação científica foi utilizada para realizar o cálculo dos indicadores para todos os municípios brasileiros. O tempo total de execução foi de 3 dias, 23 horas, 23 minutos e 29 segundos.

No segundo conjunto de testes, a versão aprimorada do SGICI desenvolvida neste trabalho foi utilizada para calcular os mesmos indicadores para todos os municípios brasileiros. O tempo de execução foi significativamente reduzido, levando apenas 24 minutos e 18 segundos.

Os resultados demonstram o ganho significativo de desempenho obtido com as melhorias implementadas no SGICI, permitindo um processamento mais eficiente e rápido dos indicadores de cidades inteligentes para uma grande quantidade de municípios.

É importante ressaltar que os tempos de execução podem variar de acordo com a configuração da máquina utilizada e outros fatores do ambiente de execução. Os resultados apresentados aqui foram obtidos em uma máquina com as seguintes especificações:

- Processador: Intel(R) Core(TM) i3-6100 CPU @ 3.70GHz, 3.70 GHz
- Placa de vídeo: NVIDIA GeForce GTX 950
- Memória RAM: 16,0 GB
- Armazenamento: SSD 1TB
- Sistema Operacional: Windows 10 Pro

4 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo aprimorar o SGICI, utilizando dados governamentais disponíveis. Através da implementação de estratégias como a coleta de dados, a integração da API Ipeadata, a ampliação da quantidade de indicadores e variáveis disponíveis, a melhoria do desempenho do SGICI e a implementação de recursos de importação e exportação de dados, foi possível alcançar os objetivos estabelecidos.

Através da coleta de dados e da integração da API Ipeadata, obtivemos uma ampla gama de informações relevantes para o cálculo dos indicadores de cidades inteligentes. A ampliação da quantidade de indicadores e variáveis disponíveis proporcionou uma visão mais abrangente e detalhada dos municípios, contribuindo para uma análise mais completa do desenvolvimento inteligente e sustentável.

As melhorias no desempenho do SGICI, como o uso de *threads* e a otimização da busca de variáveis, resultaram em um processo de cálculo mais eficiente e rápido. Isso proporcionou uma significativa redução no tempo de processamento, possibilitando que o cálculo dos indicadores para todos os municípios fosse concluído em questão de minutos, em vez de dias.

A funcionalidade de importação e exportação de dados em formato não proprietário e entendível por máquina, como o CSV, proporcionou versatilidade e acessibilidade ao programa. Os resultados calculados podem ser utilizados em outras áreas de estudo e compartilhados de forma ampla, fomentando a colaboração e a aplicação dos indicadores em diferentes contextos.

O SGICI aprimorado demonstrou ser uma ferramenta eficaz para o cálculo de indicadores de cidades inteligentes, contribuindo para a análise e monitoramento desses indicadores. A disponibilidade do programa no repositório do GitHub, juntamente com a documentação abrangente, facilita o acesso e a colaboração com a comunidade interessada, permitindo que outros pesquisadores e profissionais utilizem e contribuam para o aprimoramento contínuo do SGICI.

Em suma, este trabalho contribui para o avanço do conhecimento na área de cidades inteligentes, oferecendo uma solução prática e eficiente para o cálculo de indicadores. Espera-se que os resultados obtidos possam ser aplicados na implementação de cidades inteligentes nos municípios brasileiros, promovendo o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida da população.

4.1 Trabalhos futuros

Este trabalho representa o início do processo de unificação dos dados dispersos em várias bases de dados governamentais, visando a criação de um ambiente integrado para análise de indicadores de cidades inteligentes. Com base nesse contexto, são apresentadas a seguir algumas sugestões para futuros desenvolvimentos e aprimoramentos deste projeto:

- **Integração de indicadores de cidades inteligentes:** Após a unificação dos dados, um próximo passo importante é a integração dos diferentes indicadores de cidades inteligentes existentes. Esses indicadores permitem avaliar o desempenho das cidades em relação a parâmetros específicos, fornecendo *insights* valiosos para gestores municipais e formuladores de políticas. A expansão da ferramenta para incluir uma variedade de indicadores relevantes permitirá uma análise mais abrangente e aprofundada das cidades. Uma sugestão para a integração abrange a utilização dos indicadores presentes nas normas ABNT NBR ISO 37120 - Indicadores para Serviços Urbanos e Qualidade de Vida, e ABNT NBR ISO 37122 - Indicadores para Cidades Inteligentes.
- **Disponibilização da ferramenta na web:** Atualmente, a ferramenta desenvolvida só pode ser acessada por meio da instalação de um programa específico. Uma importante direção a ser seguida é a disponibilização dessa ferramenta na web, o que proporcionaria um acesso mais fácil e amplo para os usuários interessados. A disponibilidade online permitiria a utilização da ferramenta em diferentes dispositivos e tornaria mais prático o compartilhamento de resultados entre diferentes plataformas.
- **Criação de um sistema de ranqueamento dos municípios brasileiros:** Com base nos resultados dos indicadores de cidades inteligentes calculados pela ferramenta, uma possível abordagem futura é a criação de um sistema de ranqueamento dos municípios brasileiros. Esse sistema permitiria classificar e comparar o desempenho das cidades com base nos indicadores selecionados, fornecendo informações relevantes para a tomada de decisões e planejamento estratégico. O sistema de ranqueamento pode contribuir para promover a transparência, incentivar a melhoria contínua e estimular a competição saudável entre os municípios. Para garantir uma análise mais justa, uma sugestão é criar o ranqueamento separado por faixas populacionais.

REFERÊNCIAS

ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R. M. Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. **Journal of Urban Technology**, Routledge, v. 22, n. 1, p. 3–21, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>>. 11

Alfaro Navarro, J. L.; López Ruiz, V. R.; Nevado Peña, D. The effect of ict use and capability on knowledge-based cities. **Cities**, v. 60, p. 272–280, 2017. ISSN 0264-2751. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275116305753>>. 10

ANGELIDOU, M. Smart city policies: A spatial approach. **Cities**, v. 41, p. S3–S11, 2014. ISSN 0264-2751. Current Research on Cities. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026427511400095X>>. 10

ANGELIDOU, M. Smart cities: A conjuncture of four forces. **Cities**, v. 47, p. 95–106, 2015. ISSN 0264-2751. Current Research on Cities (CRoC). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275115000633>>. 6, 10

CARAGLIU, A.; BO, C. D.; NIJKAMP, P. Smart cities in europe. **Journal of Urban Technology**, Routledge, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>>. 10

HOLLANDS, R. G. Will the real smart city please stand up? **City**, Routledge, v. 12, n. 3, p. 303–320, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/13604810802479126>>. 10

IBGE. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2023. Acesso em 05 de junho de 2023. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>>. 11

KLOPP, J. M.; PETRETTA, D. L. The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. **Cities**, v. 63, p. 92–97, 2017. ISSN 0264-2751. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275116303122>>. 6, 11

LEMOS, D. M. e D. Dados abertos governamentais: iniciativas e desafios na abertura de dados no brasil e outras esferas internacionais. **AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento**, v. 10, n. 2, p. 14–26, 2021. ISSN 2237-826X. 12

MACEDO, D.; LEMOS, D. **DADOS GOVERNAMENTAIS NA REDE LINKED OPEN DATA: INICIATIVAS NAS ESFERAS PÚBLICAS BRASILEIRAS**. 2019. Disponível em: <<https://conferencias.ufsc.br/index.php/enancib/2019/paper/view/1358>>. 12

ONU. Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2015. 11

VAZ, J. C.; RIBEIRO, M. M.; MATHEUS, R. Dados governamentais abertos e seus impactos sobre os conceitos e práticas de transparência no brasil. **Cadernos PPG-AU/UFBA**, v. 9, n. 1, jun. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/ppgau/article/view/5111>>. 12