

## **Processos decisórios apoiados em inteligência artificial: Um estudo de caso sobre Parceria Público-Privada para implantação de cidades inteligentes**

### **Autoria**

Liliane Campos de Souza Araújo - liliane.gestaoambiental@gmail.com

Prog de Pós-Grad em Admin - PPGA / CEFET-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Jane Henriques Gonçalves Marinho Gomes - jane.henriques@ifmg.edu.br

Prog de Pós-Grad em Admin - PPGA / CEFET-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Uajara Pessoa Araujo - uajara@yahoo.com.br

125 / CEFET-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

### **Resumo**

Essa pesquisa analisou a adoção da Inteligência Artificial (IA) como ferramenta de apoio à tomada de decisão (TD) em projeto de Parceria Público-Privada (PPP) para implantação de Cidades Inteligentes em municípios brasileiros. A IA foi adotada para auxiliar análises de viabilidade econômica destes projetos. O estudo caracterizou o uso do algoritmo de aprendizagem Random Forest Regressor, que se baseou em dados públicos de municípios e dados disponibilizados pelo Instituto de Planejamento de Gestão de Cidades (IPGC). A adoção da IA evidenciou o uso como determinante de eficiência nos processos decisórios de gestores de projetos de PPP. Como contribuição final, o presente estudo oferece elementos críticos para o entendimento do apoio que a IA pode dar aos processos e sistemas decisórios de organizações envolvidas em PPP, constituindo, assim, uma avenida de pesquisa possível, que articula estudos em inteligência artificial, tomada de decisão e gestão governamental, em Parcerias Público Privada.

## **PROCESSOS DECISÓRIOS APOIADOS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: Um estudo de caso sobre Parceria Público-Privada para implantação de cidades inteligentes**

**RESUMO:** Essa pesquisa analisou a adoção da Inteligência Artificial (IA) como ferramenta de apoio à tomada de decisão (TD) em projeto de Parceria Público-Privada (PPP) para implantação de Cidades Inteligentes em municípios brasileiros. A IA foi adotada para auxiliar análises de viabilidade econômica destes projetos. O estudo caracterizou o uso do algoritmo de aprendizagem *Random Forest Regressor*, que se baseou em dados públicos de municípios e dados disponibilizados pelo Instituto de Planejamento de Gestão de Cidades (IPGC). A adoção da IA evidenciou o uso como determinante de eficiência nos processos decisórios de gestores de projetos de PPP. Como contribuição final, o presente estudo oferece elementos críticos para o entendimento do apoio que a IA pode dar aos processos e sistemas decisórios de organizações envolvidas em PPP, constituindo, assim, uma avenida de pesquisa possível, que articula estudos em inteligência artificial, tomada de decisão e gestão governamental, em Parcerias Público-Privada.

**Palavras-chave:** Cidades Inteligentes; Inteligência Artificial; Tomada de Decisão; Parceria Público-Privada .

### **1 INTRODUÇÃO**

Gestores do setor público diariamente tomam decisões importantes sobre políticas, projetos, pessoas e sobre toda a cadeia de pautas. Frente à pandemia do COVID-19, tais gestores têm atuado no contexto de um setor que lida com a incerteza e uma crescente demanda por serviços urgentes que, no que lhe concerne, carece também de um controle e diminuição de seus gastos (BRESSER-PEREIRA, 2020).

Nesse cenário, gestores são solicitados a tomar decisões muito importantes, rapidamente, e com informações muito limitadas. Reconhecendo isso, organizações públicas e privadas estão adotando novas tecnologias para apoiar a tomada de decisões dos profissionais envolvidos em seus projetos. Em particular, tais tecnologias estão sendo introduzidas para dar suporte à tomada de decisões mais oportunas e precisas. Um exemplo disso pode ser obtido dos sistemas de análise preditiva baseada em Inteligência Artificial (IA), que usam algoritmos de aprendizado de máquina para descobrir padrões em dados e realizar previsões (GALLI; MUNIZ, 2020).

Os sistemas baseados em IA apresentam-se como uma inovação, principalmente no setor público (GIL-GARCIA; PARDO; ALDAMA-NALDA, 2013). Ao contrário das ferramentas estatísticas tradicionais, os sistemas de aprendizado de máquina incorporam dados qualitativos em sua análise. Além disso, são dinâmicos — aprendem e ajustam constantemente suas previsões com base em novas informações (RUSSEL; NORVIG, 2016).

Não há dúvida de que a introdução sistemas de IA em campos complexos, como gestão da segurança pública ou decisões de tribunais (VERHEIJ, 2020), podem trazer riscos significativos — mais notavelmente face à ausência de estruturas legais e de governança estabelecida, ou, riscos em torno de viés algorítmico (SIMÕES-GOMES; ROBERTO; MENDONÇA, 2020). Porém, este trabalho concentra-se em um objetivo diferente, que atrai menos atenção, mas é igualmente importante: a eficiência que o uso da IA pode trazer aos processos decisórios e tomada de decisão (TD), no gerenciamento de projetos de Parcerias Público-Privada (PPP), mais especificamente para parcerias de implantação de cidades inteligentes (*smart cities*) em municípios brasileiros.

Destarte, ao considerar por um lado o uso da IA como auxílio à TD, e o do outro lado, a necessidade de facilitar e otimizar os processos decisórios que envolvam PPP na implantação de cidades inteligentes, tem-se como objetivo desta pesquisa analisar a eficiência da adoção da IA como ferramenta de apoio à tomada de decisão em um projeto de Parceria Público-Privada que visou a implantação de cidades inteligentes em municípios brasileiros.

Por conseguinte, de modo a contextualizar o estudo apresentado, a próxima seção apresentará uma revisão não exaustiva da literatura que visa esboçar os principais entendimentos sobre a tomada de decisão e a incorporação da IA como apoio aos processos decisórios no gerenciamento de projetos de PPP para implantação de cidades inteligentes. Em seguida, discute-se a metodologia utilizada. Por fim, apresentam-se as discussões e as considerações finais.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

Para efeito deste trabalho, considerou-se a adoção de IA como ferramenta de apoio à TD por uma perspectiva prescritiva das teorias da tomada de decisão. No entanto, o entendimento subjacente à teoria prescritiva é obtido por uma breve incursão na teoria descritiva, que aponta as falhas de racionalidade na tomada de decisão humana criando, assim, ferramentas que podem apoiar um processo menos enviesado, no que lhe concerne, mais racional.

A tomada de decisão é um processo de escolha entre possíveis ações, em situação de certeza, risco ou incerteza (TAKEMURA,2014). Tal processo ocorre baseado no quanto os tomadores de decisão sabem sobre o ambiente ao seu redor. Se constitui também como um processo de raciocínio baseado valores, preferências e crenças, em que suas etapas levam a uma escolha final (PETERSON, 2010). Dentro dessa definição geral, os processos ainda podem ser naturais e conscientes, como na escolha deliberada entre alternativas, mas também inconscientes ou artificiais, apoiadas por sistemas e algoritmos (FOX et al., 2013).

Em síntese, os sistemas e algoritmos de apoio à decisão, baseados em IA, tratam-se de mecanismos de raciocínio, aprendizado e tomada de decisão, realizados de maneira autônoma por um computador. Ou seja, seus processos ocorrem independente da vontade humana (RUSSEL; NORVIG, 2016).

Tais sistemas de auxílio à tomada de decisão humana foram nomeados por Simon (1986) como “sistemas especialistas”. Para o autor, a IA produz sistemas, aplicados a uma variedade de tarefas que podem resolver problemas difíceis, no nível de humanos profissionalmente treinados, com um único adendo: um sistema especialista em IA, conta com a velocidade dos computadores e sua capacidade de reter grandes corpos de informações transitórias na memória, e geralmente usará “força bruta” — velocidade e potência computacionais mais rápidas — com mais liberdade do que um especialista humano seria capaz (SIMON, 1986).

A percepção de Simon quanto a capacidade dos sistemas especialistas alude à racionalidade limitada, conceito ao qual o autor adotou para contestar a concepção ideal do *homo economicus* — modelo de ser humano dotado de racionalidade instrumental com uma capacidade ilimitada de processar todas as informações, de forma a escolher a melhor opção de acordo com suas preferências e informações (THALER,2019).

Além das limitações expostas por Simon (1955), a pesquisa experimental do campo evidenciou que os agentes também são passíveis, além de uma racionalidade limitada, aos vieses sistemáticos de julgamento em seus processos decisórios (TVERSKY; KAHNEMAN, 1973; 1974; KAHNEMAN; TVERSKY, 1979). A presença de tais vieses ocorre devido às estratégias de simplificação do pensamento humano conhecidas como heurísticas, que permitem lidar com o ambiente complexo, que cerca as decisões. Contudo, podem levar a erros — que se descobriam sistemáticos e previsíveis. Dessa forma, devido à tensão cognitiva, que

envolve um nível de esforço e atenção maiores, os agentes tomam várias decisões de forma automática, com base, muitas vezes, em experiências passadas (KAHNEMAN, 1973).

Melo e Fucidji (2016) argumentam também que a racionalidade limitada, e, consequentes erros de julgamento e previsão do ser humano surgem do contexto em que, não apenas os gestores mudam temporalmente, mas também o próprio ambiente; assim, a capacidade de previsão de eventos futuros torna-se impossível. Nesse contexto, sistemas baseados em IA desempenham um papel importante com a criação de modelos aproximados do mundo real que podem auxiliar na busca de soluções mais otimizadas, no caso específico deste estudo, no apoio ao processo decisório de Parceria Público-Privada, para implantação de cidades inteligentes.

## 2.1 Cidades inteligentes e sua viabilidade por Parceria Público-Privada

O conceito de cidades inteligentes é amplo e tem sido abordado de várias formas. O Parlamento Europeu (2014), por exemplo, definiu cidade inteligente como “uma cidade que procura abordar questões públicas através de soluções baseadas em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) fundamentada em uma parceria multi-stakeholder, de base municipal”.

Segundo Cury e Marques (2017) as cidades inteligentes são formas de apropriação do espaço sob a utilização de três inteligências: a humana, a coletiva, e a artificial, e, no que lhe concerne, transformam os territórios.

Atualmente, não há um consenso sobre a definição de cidade inteligente, o que se valida é o avanço tecnológico no planejamento, desenvolvimento e operações das cidades. Neste trabalho considerou-se a seguinte definição:

Uma cidade é inteligente quando os investimentos em capital humano e social, em infraestrutura de comunicação tradicional (de transporte) e moderna (TIC), propiciam crescimento econômico sustentável e uma alta qualidade de vida, com uma gestão sábia dos recursos naturais, através da governança participativa (CARAGLIU et al., 2009, p.50).

Este processo de implementação de cidades inteligentes, exige que os gestores sejam inovadores, e que detenham instrumentos suficiente para modificar a estrutura das cidades. No Brasil, o desafio é ainda maior, considerando a realidade cultural, econômica, financeira, política e social, sendo uma das formas de viabilizar à gestão pública, a realização de Parcerias Público-Privada.

A legislação específica de licitações e contratações (BRASIL, 1993) impõe uma série de exigências necessárias para a contratação de projetos públicos, e, neste contexto, o administrador público enfrenta vários desafios. Uma opção viável é utilizar as PPP para implementar cidades inteligentes. A PPP é uma forma de prestação de serviços que fica entre a prestação de serviços, por parte do ente público ou da privatização, quando há a transferência do ativo para a iniciativa privada (BRITO; SILVEIRA, 2005).

A PPP no Brasil é uma forma de provisão de infraestrutura e serviços públicos enquanto o parceiro privado é responsável pela elaboração do projeto, financiamento, construção e operação de ativos que são posteriormente transferidos ao estado. É um modelo de contratação de serviços públicos em que a remuneração do particular é feita, parcial ou integralmente pelo Estado (BRASIL, 2004).

O controle do contrato passa a ser por meio de indicadores relacionados ao desempenho da prestação de serviço e não mais pelo controle físico-financeiro da obra. Apesar da lei brasileira enquadrar a PPP como forma de concessão, elas se diferenciam das tradicionais no que se refere às fontes de remuneração dos parceiros privados, onde se abre a possibilidade para complementação de receita por parte do setor público de modo a tornar o empreendimento

viável. Sendo assim, a PPP é vista como uma alternativa para viabilizar investimentos, particularmente em infraestrutura, sem que isso possa causar impactos negativos ao endividamento público (BRITO; SILVEIRA, 2005).

### 3 METODOLOGIA

Como instrumento de investigação empírica e delimitada, realizamos um estudo de caso (YIN, 2010) a partir da análise detalhada do uso de um algoritmo na previsão de contratos de Parceria Público-Privada. Optou-se pela pesquisa de abordagem qualitativa transversal, e, a coleta de dados se deu através de dados não probabilísticos por similaridade. Conforme o objetivo traçado, o tipo escolhido de pesquisa foi a descritiva e o instrumento de coleta, por observação. (DE SORDI; MEIRELES; SANCHES, 2011)

Para fins de investigação, adotou-se também a análise documental dos dados utilizados disponibilizados pelo Instituto de Planejamento e Gestão de Cidades (IPGC), uma organização cujo principal objetivo é auxiliar o poder público na realização de PPP, através de acordos de cooperação técnica para a implantação de vários objetos de licitação, entre eles: resíduos sólidos, construção de unidades de saúde, usinas fotovoltaicas, entre outros objetos conforme a necessidade do município.

Foram selecionados para a análise objeto deste estudo, municípios que possuíam acordos de cooperação, cujo objetivo eram aqueles concernentes à implantação de cidades inteligentes — que compreende, entre outros, a troca de luminárias do município para tecnologias do tipo LED, a implantação de fibra óptica, implantação de câmeras em vias públicas (incluindo aquelas com tecnologia de reconhecimento facial), implantação de redes wi-fi em locais públicos e geração de energia solar através de usinas fotovoltaicas em prédios públicos. Utilizou-se também, como base de dados, informações relevantes que compõem os estudos de viabilidade econômica elaborado pelo setor de projetos do IPGC que consiste em analisar a viabilidade econômica e sustentabilidade do investimento privado e sua vantajosidade do poder público, em termos quantitativos e qualitativos, que atesta a viabilidade do empreendimento no modelo de concessão administrativa de Cidade Inteligente.

Este trabalho analisou a adoção de um aprendizado supervisionado para auxílio à tomada de decisão, em que, baseados exemplo de dados informados, aspectos computacionais adquirem conhecimento ou aprendizagem, onde são identificados padrões que podem auxiliar na tomada de decisões de seres humanos. Para isso, utilizou-se o algoritmo *Random Forest Regressor*, que significa “Floresta Aleatória”, fazendo menção a várias árvores de decisão que o algoritmo consegue elaborar. Este algoritmo busca as melhores condições, ou seja, os processos mais racionais para uma decisão satisfatória. Cada árvore criada irá apresentar seu resultado, através da regressão, e, então, será realizada uma média dos valores previstos, o resultado que for apresentado mais vezes será o escolhido (MION, 2019).

O *Random Forest Regressor*, sendo um método de previsão de tendência, foi escolhido por ter a capacidade de elencar quais os atributos contribuem para a tomada de decisão, sendo utilizado, muitas vezes, como técnica de seleção de características, considerada uma etapa importante para a análise de dados, podendo reduzir a complexidade dos problemas a serem solucionados. O algoritmo de floresta aleatória utiliza a estratégia *ensembles*, que provê a diversidade, lançando mão do conceito de redistribuição aleatória de dados. Na construção de cada conjunto de treinamento, é gerado um subconjunto de dados que, por sua vez, gera diversas árvores de decisão, cada uma treinada com uma distribuição aleatória uma de suas grandes vantagens é a facilidade de se medir a importância relativa de cada atributo para a predição (LIMA et al., 2021).

A proposta do uso do algoritmo é verificar se é possível informar antecipadamente a viabilidade econômica do município, em que o valor pago na concessão administrativa ao

parceiro privado não deve ser superior à capacidade orçamentária do município, demonstrando a viabilidade econômica do projeto. E, ainda, deve diminuir o custo operacional para o levantamento de dados e para a modelagem dos estudos, garantindo autonomia no processo de trabalho e a independência de informações fornecido pelos órgãos públicos.

A validação para o uso deste algoritmo foi realizada através de dois especialistas na área de tecnologia da informação, que prestam serviço ao IPGC e orientaram o melhor algoritmo para a proposta deste trabalho.

### 3.1 Levantamento de Dados

Como base de dados, utilizaram-se algumas informações de municípios brasileiros, disponibilizadas pelo IPGC, por meio de planilhas, onde foram retirados os indicadores de lucratividade. Esses indicadores são utilizados na elaboração dos estudos de viabilidade econômica que compõem o processo de formalização do processo de licitação para a parceria público-privada. Entre os dados escolhidos, preferencialmente, foram utilizados os que podem ser acessados em banco de dados do governo federal, estadual e municipal. Tais banco de dados são propositalmente públicos, para não haver a necessidade de utilização de trabalhadores qualificados para a coleta de dados mais específicos, junto aos municípios, que é o que ocorre para a elaboração do estudo de viabilidade econômica, sem o uso da IA demandando tempo e considerados recursos financeiros.

Os dados utilizados são: população estimada, dimensão territorial do município, Fundo de Participação dos Municípios (FPM) de 2019 e 2020, além dos dados como o CAPM “*Capital Asset Pricing Model*” (Modelo de Precificação de Ativos, Custo de Capital de Terceiro) WACC “*Weighted Average Capital Cost*” (Custo Médio Ponderado do Capital), Valor de contrato e Contribuição de Iluminação Pública (CIP). Após este levantamento, consultou-se outra base de dados aleatórios com informações de municípios que não possuíam nenhum vínculo contratual ou de relacionamento com o IPGC, cujos dados apresentados tinham similaridade, e, outros, informações discrepantes, em relação aos que apresentavam viabilidade econômica.

O princípio da definição de viabilidade utilizada nos projetos de PPP é que a parcela remuneratória mensal (PRM) não deve comprometer a capacidade econômica dos municípios. Para tanto, utiliza-se como base de cálculo, basicamente: o Fundo de Participação dos Municípios (FPM); os dados de Contribuição de Iluminação Pública (CIP) como fonte de recursos do município para pagamento da Parcela Remuneratória Municipal; o CAPM; Custo de Capital de Terceiro (CCT) e o WACC, como indicadores de viabilidade de investimento para o setor privado. Assim, define-se o valor do contrato, considerando o investimento do setor privado e a capacidade de pagamento do município.

Posteriormente ao levantamento destes dados, foi elaborada uma planilha com todos os municípios que já tinham o estudo de viabilidade econômica finalizado com os respectivos valores de contratos, municípios que não tinham os estudos de viabilidade econômica prontos, mas tinham acordos de cooperação assinados com o IPGC para a elaboração do estudo e ainda, municípios escolhidos aleatoriamente que não tinham nenhum vínculo com o IPGC até a data de finalização deste trabalho. Sendo assim, foram: 14 municípios com valores de contratos e com o estudo de viabilidade econômica finalizados, 15 municípios que estão em processo de levantamento de dados no IPGC para a elaboração do Estudo de Viabilidade Econômica e 15 municípios escolhidos aleatoriamente e que não possuem nenhuma relação, até a data de finalização deste trabalho, com o IPGC.

Após o levantamento dos dados e a elaboração da planilha utilizou-se o algoritmo para que pudesse realizar a previsão.

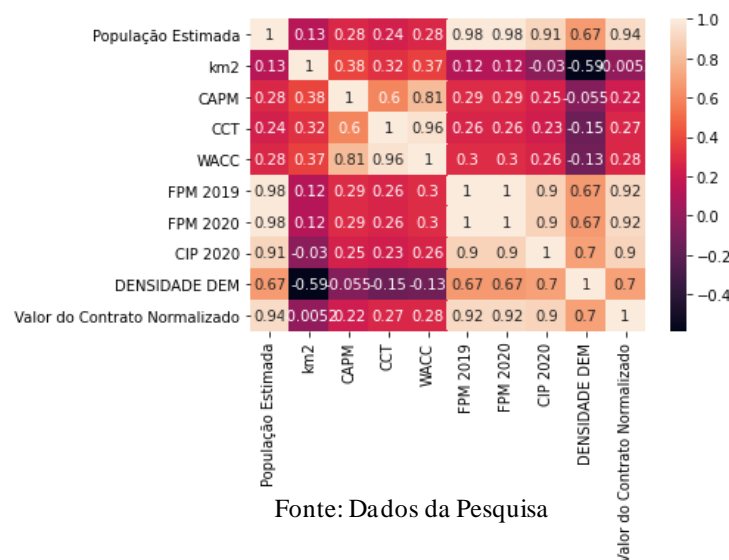
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a planilha finalizada, utilizou-se o algoritmo *Random Forest Regressor* para poder realizar o aprendizado com os dados disponibilizados e posteriormente a previsão de valores de contrato com os municípios que não o tinham e assim obter a viabilidade econômica para implantação de cidade inteligente, por parceria pública privada.

O modelo foi treinado e testado para prever o valor de contrato de uma possível parceria público-privada para a implantação de cidade inteligente.

Conforme informado na Figura 1, verifica-se que o FPM 2019, FPM 2020, são os valores de maior relevância para o processo de aprendizagem do algoritmo; a CIP, valor do contrato e densidade demográfica também tiveram relevância. Todos estes dados se aproximam do valor de 1,0. Conforme pode ser observado na Figura 1, o que se pode inferir que todos os dados utilizados foram considerados, cada um com o seu grau de relevância, no processo de aprendizagem.

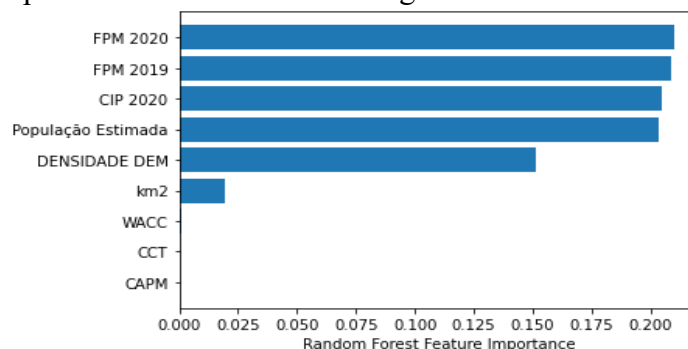
**Figura 1 - Grau de Relevância da Coluna no Resultado do Processo**



Fonte: Dados da Pesquisa

Nessa seção, é apresentada a ordem de importância das características extraídas durante a classificação. O modelo atribui pesos diferentes às variáveis, conforme sua percepção de padrão de acontecimentos na característica preditiva e consequência na variação de preço no contrato. Os resultados podem ser observados na Figura 2 abaixo:

**Figura 2 - Importância dos Recursos no Algoritmo “Random Forest Regressor”**

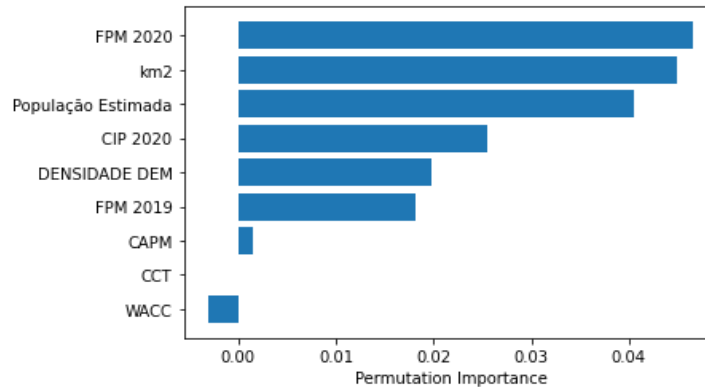


Fonte: Dados da Pesquisa

Dentre todas as 9 variáveis presentes no modelo classificador, a relação de troca com a FPM 2020 e FPM 2019 possui praticamente a mesma característica de importância, seguidas

pela CIP 2020, População Estimada e Densidade Demográfica, o que se justifica, pois os valores da CIP estão diretamente ligados com o número de habitantes do município, em função da contribuição com a taxa de iluminação pública, mas que podem diferir em cada cidade, em função da alíquota que será cobrada pela administração pública — que muda entre os municípios, seguindo a mesma padronização de relevância.

**Figura 3-** Importância da Permutação no Algoritmo

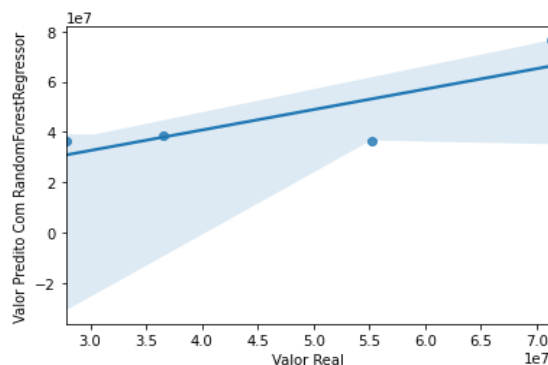


Fonte: Dados da Pesquisa

Na Figura 3, é possível verificar a importância da permutação no algoritmo *Random Forest Regressor*, sendo a medida que rastreia a precisão da predição, onde as variáveis são permutadas aleatoriamente, a partir das amostras fora do padrão utilizado. Pode-se concluir que os dados informam que o FPM 2020 e a extensão territorial do município assumem uma importância maior na permutação que os demais, seguido de extensão territorial que influencia no preço da infraestrutura a ser implantada, visto que só municípios com maior extensão territorial terão mais custos com infraestrutura.

Um dos dados mais importante deste estudo é o demonstrado na Figura 4, onde se mostra a distância do valor predito de contrato com a média dos valores reais utilizados como modelo. Apesar de a amostra ser pequena, o valor previsto está bem próximo do real, cuja maior distância apresentada foi um valor cerca de 20% acima do real, conforme pode ser observado também na Tabela 1. É uma distância em termos monetários alta, considerando que os valores monetários são na casa dos milhões, sendo assim uma previsão de contrato com um desvio de 3 milhões, por exemplo, é significativo em função do valor econômico, mas para análise da eficiência do algoritmo a aproximação é satisfatória, uma vez que os valores se encontram mais centralizados na linha de referência de valores. Para melhorar a previsão, seria necessário a inserção de mais informações.

**Figura 4 -** Distância Entre o Valor Predito com o Algoritmo



Fonte: Dados da Pesquisa

**Tabela 1-** Resultado de Predição dos Contratos Pelo Algoritmo

re.head()					
	Valor Real	Valor Predito Com Ridge	Valor Predito Com RandomForestRegressor	Valor Real - Ridge	Valor Real - RandomForestRegressor
3	27836176.12	49156104.14	36660564.01	21319928.03	8824387.89
6	71290040.20	57893224.85	76433879.31	13396815.35	5143839.11
1	55166031.36	33089877.20	36641013.10	22076154.15	18525018.26
12	36487980.23	45243225.88	38327014.72	8755245.65	1839034.49

Fonte: Dados da Pesquisa

Os dados utilizados para este estudo são relevantes para a definição dos valores e o algoritmo mostrou isso nas Figuras 1, 2 e 3, porém, no que tange a proximidade dos valores reais de contrato, apesar do gráfico demonstrar uma proximidade, não se pode considerar como um resultado positivo, dado que os valores monetários dos contratos de parceria público-privada fica na casa dos milhões e uma diferença de cerca de 20% em milhões é um valor muito relevante para qualquer tomada de decisão na área econômica financeira. Apesar da discrepância dos valores, os dados públicos trabalhados conseguiram aproximar os valores preditivos dos contratos ao valor real, para que o algoritmo pudesse apresentar uma maior aprendizagem do processo nos quais seriam necessários mais dados municipais e mais dados relevantes para o processo de definição de viabilidade econômica, o que ficou inviável realizar em função do tempo para a conclusão deste trabalho.

A previsão de valor de contrato que demonstra a viabilidade econômica da Parceria Público-Privada para a implantação de cidades inteligentes é o objetivo final deste artefato, de modo a dar maior confiabilidade no processo de decisão para a realização de uma possível PPP, de modo a não comprometer a saúde financeira do poder público.

As ferramentas estatísticas e probabilísticas têm ganhado na tecnologia vários usos possibilitando vários caminhos para facilitar as informações nos campos mais complexos de tomada de decisão.

Tomar decisões e gerir projetos constitui atividades que se aplicam a determinadas situações, nas quais há um resultado a ser alcançado em restrições de tempo e custo, sendo a tarefa básica assegurar a orientação do esforço para o resultado, para tanto, é necessário controlar custos, prazos e riscos, diante disso, o estudo de viabilidade econômica de um projeto poderá indicar quanto a sua execução ou não, no caso de recursos públicos, poderá garantir que seja utilizado de forma consciente e responsável (MAXIMIANO,2014).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do algoritmo *Random Forest Regressor* se mostrou eficiente para o objetivo proposto e com os ajustes necessários na base de dados, poderá se tornar um importante instrumento nos processos decisórios das PPP para implantação de cidades inteligentes.

Quanto à utilização da IA nos processos decisórios, o presente estudo demonstrou que é possível a utilização de aprendizagem de máquina por meio do *Random Forest Regressor* para a previsão de valores contratuais PPP, mas foi limitante na aproximação dos valores contratuais previstos. Neste caso, houve uma distância significativa do valor previsto ao real, na ordem dos milhões de reais, o que implica que qualquer valor distante do valor real pode apresentar um grande impacto financeiro.

Acredita-se que o número de dados-referência utilizados possa ter colaborado para este resultado, apontando a necessidade de obter mais variantes dos mesmos para compor a base de aprendizagem e assim garantir mais aproximação ao valor real.

É possível utilizar a inteligência artificial para o processo de tomada de decisão. Esse instrumento pode ser uma grande ferramenta aos gestores de projetos, cujos dados suficientes e uma equipe técnica qualificada poderá promover uma maior rapidez e confiabilidade no processo decisório.

Para trabalhos futuros propõe-se ampliar o uso do algoritmo para verificar a viabilidade de projetos de outros objetos, tais como: gestão de resíduos sólidos, geração de energia solar, por miniusinas fotovoltaicas e implantação de sistema de saneamento básico.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF.1993. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm). Acesso em: 09 jun. 2021. Acesso em: 15 jun. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004.** Institui normas gerais para licitação e contratação de Parceria Público-Privada no âmbito da administração pública. Brasília, DF. 2004. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm). Acesso em: 09 jun. 2021. Acesso em: 15 jun. 2021.
- BRESSER-PEREIRA, L. C. Financiamento da Covid-19, inflação e restrição fiscal. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 40, p. 604-621, 2020.
- BRITO, B. M. B.; SILVEIRA, A. H. P. Parceria Público-Privada : compreendendo o modelo brasileiro. 2005. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/1442>. Acesso em: Acesso em: 26 Fev. 2022.
- CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. **Serie Research Memoranda** (VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics), 2009.
- CURY, M. J. F.; MARQUES, J. A. L. F. A cidade inteligente: uma reterritorialização. **Redes** (St. Cruz do Sul Online), v. 22, n. 1, p. 102-117, 2017.
- DE SORDI, J. O.; MEIRELES, M.; SANCHES, C. Design Science aplicada às pesquisas em administração: Reflexões a partir do recente histórico de publicações internacionais. **RAI Revista de Administração e Inovação**, v. 8, n. 1, p. 10-36, 2011.
- FOX, J.; COOPER, R. P.; GLASSPOOL, D. W. A canonical theory of dynamic decision-making. **Frontiers in psychology**, v. 4, p. 150, 2013.
- GALLI, B. J.; MUNIZ, G. Data Analytics and Predictive Analytics: How Technology Fits into the Equation. In: **Digital Transformation in Business and Society**. Palgrave Macmillan, Cham, 2020. p. 103-112.
- GIL-GARCIA, J. R.; PARDO, T. A.; ALDAMA-NALDA, A. **Smart cities and smart governments: Using information technologies to address urban challenges**. In: Proceedings of the 14th Annual International Conference on Digital Government Research. 2013. p. 296-297.
- LIMA, T. P. F. et al. Previsão de óbito e importância de características clínicas em idosos com COVID-19 utilizando o Algoritmo Random Forest. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 21, p. 445-451, 2021.
- MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos: como transformar idéias em**

- resultados**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2014. E-book. (1 recurso online). ISBN 9788522487608. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788522487608>. Acesso em: 26 Aug. 2020.
- MELO, T.; FUCIDJI, J. R. **Racionalidade limitada e a tomada de decisão em sistemas complexos**. Brazilian Journal of Political Economy, v. 36, n. 3, p. 622-645, 2016.
- MION, R. M. R. **Previsão de tendência de preços do boi gordo no Estado de São Paulo utilizando o Random Forest**. 2019. Tese de Doutorado.
- PARLAMENTO EUROPEU. **Mapping smart cities in the EU study**. 2014. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE\\_ET\(2014\)507480\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf)  
November 7, 2016, from <http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/>
- PETERSON. M. **An Introduction to Decision Theory**. Cambridge University Press, 2017
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: a modern approach** (Global Edition) Englewood Cliffs, NJ: Pearson Higher Ed. 2016.
- SIMÕES-GOMES, L.; ROBERTO, E.; MENDONÇA, J. **Viés algorítmico – um balanço provisório**. Estudos de Sociologia, v. 25, n. 48, 2020.
- SIMON. H. A. **Administrative Behavior: A Study Of Decision-making Processes In Administrative Organization**. Macmilian Inc. 1947.
- SIMON, H.A. A behavioral model of rational choice. **The quarterly journal of economics**, v. 69, n. 1, p. 99-118, 1955.
- SIMON, H. A. The information processing explanation of Gestalt phenomena. **Computers in human behavior**, v. 2, n. 4, p. 241-255, 1986.
- TAKEMURA, K. Behavioral decision theory. **Psychological and mathematical descriptions of human choice behavior: Springer Japan**, 2014.
- THALER, R.H. **Misbehaving: A construção da economia comportamental**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2019.
- TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Availability: A heuristic for judging frequency and probability. **Cognitive psychology**, v. 5, n. 2, p. 207-232, 1973.
- TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. **Science**, v. 185, n. 4157, p. 1124-1131, 1974.
- TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. **On the reality of cognitive illusions**. Psychological Review, v. 103, n. 3, p. 582-591, 1996.
- VERHEIJ, B. **Artificial intelligence as law**. **Artificial intelligence and law**, v. 28, n. 2, p. 181-206, 2020.
- WEISS, M. C.; BERNARDES, R.C.; CONSONI, F. L. Cidades inteligentes como nova prática para o gerenciamento dos serviços e infraestruturas urbanas: a experiência da cidade de Porto Alegre. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 310-324, 2015.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4a. ed. São Paulo: Bookman, 2010.