

COMO PLANEJAR A IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES RESIDENCIAIS? UMA META-ANÁLISE DE RESULTADOS INTERNACIONAIS

HOW TO PLAN FOR RESIDENTIAL SMART METER IMPLEMENTATION? A META-ANALYSIS OF INTERNATIONAL RESULTS

¿CÓMO PLANIFICAR LA IMPLANTACIÓN DE CONTADORES INTELIGENTES RESIDENCIALES? UN METAANÁLISIS DE RESULTADOS INTERNACIONALES

Jonathan Gumz¹; Diego de Castro Fettermann¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Santa Catarina - Brasil.

Email: jonathan.gumz@gmail.com; d.fettermann@ufsc.br

Recibido: 14 de mayo, 2022. Aprobado: 09 de septiembre, 2022. Versión final: 08 de marzo, 2023.

RESUMO


Apesar de os medidores inteligentes residenciais desempenharem uma importante função na rede inteligente de energia elétrica e na utilização racional das fontes de energia limpas, resultados recentes mostram problemas na implementação de medidores inteligentes devido à falta de aceitação por parte dos consumidores. Neste contexto, este trabalho apresenta uma meta-análise dos estudos de aceitação de medidores inteligentes, a fim de apresentar estatisticamente fatores que influenciam positivamente e negativamente a aceitação. Após uma seleção de estudos (n = 5.637), foi aplicado o método Hunter-Schmidt de meta-análise. Os resultados mostram que todas as relações estimadas são significativas e que os fatores que possuem maior influência na aceitação de medidores inteligentes são Motivação Hedonista, Expectativa de Performance e Expectativa de Esforço.

Palavras-chave: Medidores Inteligentes; Aceitação; Meta-análise.

ABSTRACT

Although smart residential meters play an important role in the smart grid and in the rational use of clean energy sources, recent results show problems in smart meters' implementation due to lack of acceptance by consumers. In this context, this work presents a meta-analysis of studies on the acceptance of smart meters to statistically present factors that positively and negatively influence acceptance. After a selection of studies (n = 5,637), the Hunter-Schmidt method of meta-analysis was applied. The results show that all the estimated relations are significant. The factors that have the greatest influence on the acceptance of smart meters are Hedonistic Motivation, Performance Expectation, and Effort Expectation.

Keywords: Smart Meters; Acceptance; Meta-analysis.

Como citar: Gumz, J., & de Castro Fettermann, D. (2023). COMO PLANEJAR A IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES RESIDENCIAIS? UMA META-ANÁLISE DE RESULTADOS INTERNACIONAIS. *Fuentes, El Reventón Energético*, 21 (1), 19-37. <https://doi.org/10.18273/revfue.v21n1-2023002> 

RESUMEN

Los contadores inteligentes de energía tienen un papel importante en la red inteligente de electricidad y en el uso racional de fuentes de energía limpia. Mientras tanto, resultados recientes muestran problemas en la implementación de medidores inteligentes debido a la falta de aceptación por parte de los consumidores. Este trabajo presenta un metaanálisis de estudios sobre la aceptación de contadores inteligentes, con el fin de presentar estadísticamente factores que influyen positiva y negativamente en la aceptación. Después de una selección de estudios ($n = 5.637$), se aplicó el método de metaanálisis de Hunter-Schmidt. Los resultados muestran que todas las relaciones estimadas son significativas y que los factores que más influyen en la aceptación de los medidores inteligentes son la Motivación Hedonista, la Expectativa de Desempeño y la Expectativa de Esfuerzo.

Palabras clave: Contadores inteligentes; Aceptación; Metaanálisis

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento da utilização de fontes de energia renováveis (REN21, 2020) pode ser explicado pelo aumento da preocupação com as alterações climáticas (IPCC, 2018) e do risco de acidentes em usinas nucleares, como a de Fukushima (K.-Y. Chen & Yeh, 2017). Essa alteração na matriz de geração de energia exige uma atualização do sistema elétrico para o que é denominado de rede elétrica inteligente (*smart grid*) (Ellabban & Abu-Rub, 2016). Essa rede inteligente integra as necessidades e as capacidades de todos os fornecedores, operadores, usuários finais da rede, além de partes interessadas do mercado de eletricidade para operar o sistema da forma mais eficiente, garantindo maior estabilidade, confiabilidade e resiliência para o sistema (Ellabban & Abu-Rub, 2016).

No contexto da rede inteligente, os medidores inteligentes desempenham uma importante função no sistema (Avancini et al., 2019; Fettermann et al., 2021). Os medidores inteligentes são aparelhos eletrônicos que medem a energia consumida e enviam informações por meio de conexões sem fio para os fornecedores de energia (Kowalska-Pyzalska et al., 2020), são parte central da rede inteligente, e passaram a compor uma das tecnologias utilizadas para se desenvolverem as cidades inteligentes (Schaffers et al., 2012, De Mattos et al., 2021). No entanto, tentativas de implementação de novas tecnologias focando puramente no aspecto tecnológico têm se mostrado infrutíferas para implementações de medidores inteligentes (Buchanan et al., 2016; Hess & Coley, 2014; Echeveste et al., 2017). A literatura indica expressamente a necessidade de se atingir um entendimento melhor dos fatores que afetam a aceitação dos consumidores em relação às tecnologias da rede inteligente (Ellabban & Abu-Rub, 2016). O consumidor não possui apenas uma função

passiva, mas sim precisa contribuir para o atingimento dos objetivos de implementação de medidores inteligentes (Yang et al., 2019).

Durante a última década, foram realizadas pesquisas para investigar os fatores que influenciam a aceitação de medidores inteligentes pelos consumidores. Entre os tipos de pesquisas empregadas são incluídos grupos focais, entrevistas, estudos de caso, observação de participantes, análises de documentos e surveys (Boudet, 2019). A partir da análise destes estudos sugere-se que, qualitativamente, os fatores positivos mais importantes para a aceitação são melhor gerenciamento da energia através do feedback (C. Chen et al., 2017; Chou & Yutami, 2014; Kaufmann et al., 2013; Mogles et al., 2017, Nascimento et al., 2022), eco-preocupação (Bugden & Stedman, 2019; C. Chen et al., 2017) e expectativa de ganho financeiro (Bugden & Stedman, 2019; C. Chen et al., 2017; Chou et al., 2015; Kaufmann et al., 2013; Park et al., 2014). Por sua vez, as barreiras mais relevantes são ter a segurança ameaçada (Boudet, 2019; Bugden & Stedman, 2019; C. Chen et al., 2017), falta de familiaridade (Boudet, 2019; Chou et al., 2015; Düşteğör et al., 2018) e custos associados (Bugden & Stedman, 2019; Peters et al., 2018).

Contudo, ao analisarmos os estudos relatados em revisões de literatura (e.g., Alkawsy & Ali, 2018; Boudet, 2019; Buchanan et al., 2015; Darby, 2010; Jaramillo et al., 2014; van de Kaa et al., 2019; Yang et al., 2019) e estudos de aceitação de medidores inteligentes realizados em mais de 40 locais diferentes, verifica-se a ausência de análises estatísticas que reúnam os resultados encontrados para formar um amálgama mais robusto dos fatores que influenciam a aceitação de medidores inteligentes por consumidores residenciais.

Dessa forma, se faz importante compreender com maior detalhe os requisitos e demandas dos clientes residenciais a fim de aumentar a probabilidade de sucesso na implementação da rede elétrica e para se eliminar contradições advindas de pesquisas com tamanhos de amostra reduzidos, tarefa para a qual a meta análise parece ser ideal (Hunter & Schmidt, 2004).

2. METODOLOGIA

2.1. Revisão sistemática de literatura

Foi realizada uma revisão sistemática de literatura para identificar pesquisas de aceitação de medidores inteligentes que utilizaram surveys. O método de revisão utilizado foi o de Itens Preferidos para Revisão Sistemática e Meta-Análises (*Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses*) – PRISMA (Liberati et al., 2009) (Figura 1). O Método

O objetivo deste trabalho é realizar uma meta análise da literatura de aceitação de medidores inteligentes por consumidores residenciais e propor um modelo robusto e quantitativo que possa prever quais fatores influenciam nesta aceitação e qual a magnitude desta influência.

PRISMA é uma evolução de outros métodos utilizados inicialmente em ensaios clínicos, na área de medicina. Devido à forma clara e imparcial em que os dados são reportados, o PRISMA passou a ser usado também em outras áreas, incluindo a engenharia. A seguir são detalhados os procedimentos realizados em cada uma das cinco etapas do método.

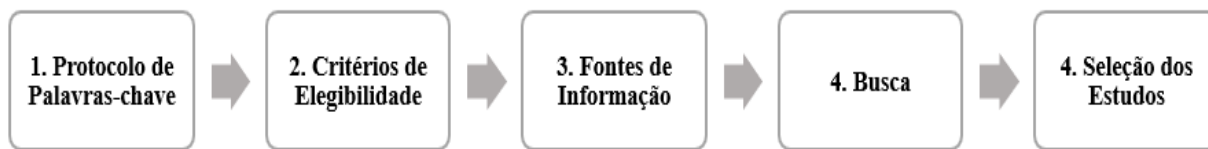


Figura 1. Etapas do Método PRISMA de pesquisa.

Para a revisão sistemática foram estabelecidos dois campos de busca, o primeiro relacionado a medidores inteligentes e o segundo a sua aceitação por parte dos clientes. O Tabela 1 mostra as palavras-chave utilizadas para a realização da busca.

Tabela 1. Palavras-chave utilizadas.

Medidores Inteligentes	Operador	Aceitação
“Smart meter*” OR “intelligent meter*”	AND	“acceptance” OR “acceptation” OR “engagement” OR “adoption”

Foram definidos os seguintes critérios de elegibilidade para a presente seleção: Estudos envolvendo medidores inteligentes e sua adoção e aceitação por consumidores residenciais.

Foram utilizadas como fontes de informação as bases de dados Scopus, Science Direct e Web of Science. Os resultados apresentados se referem a busca realizada na data de 02 de dezembro de 2020.

Foi realizada busca nos campos de título, resumo e palavras-chave dos artigos. Nas bases de dados, este tipo de pesquisa se refere ao termo ‘topic’. A estratégia de busca realizada nas bases de dados é apresentada a seguir.

Topic (Título – Resumo – Palavras Chave): ((“smart meter*” OR “intelligent meter*” OR “smart measur*” OR “intelligent measur*”) AND (“engagement” OR “acceptance” OR “adoption” OR “acceptation”)).

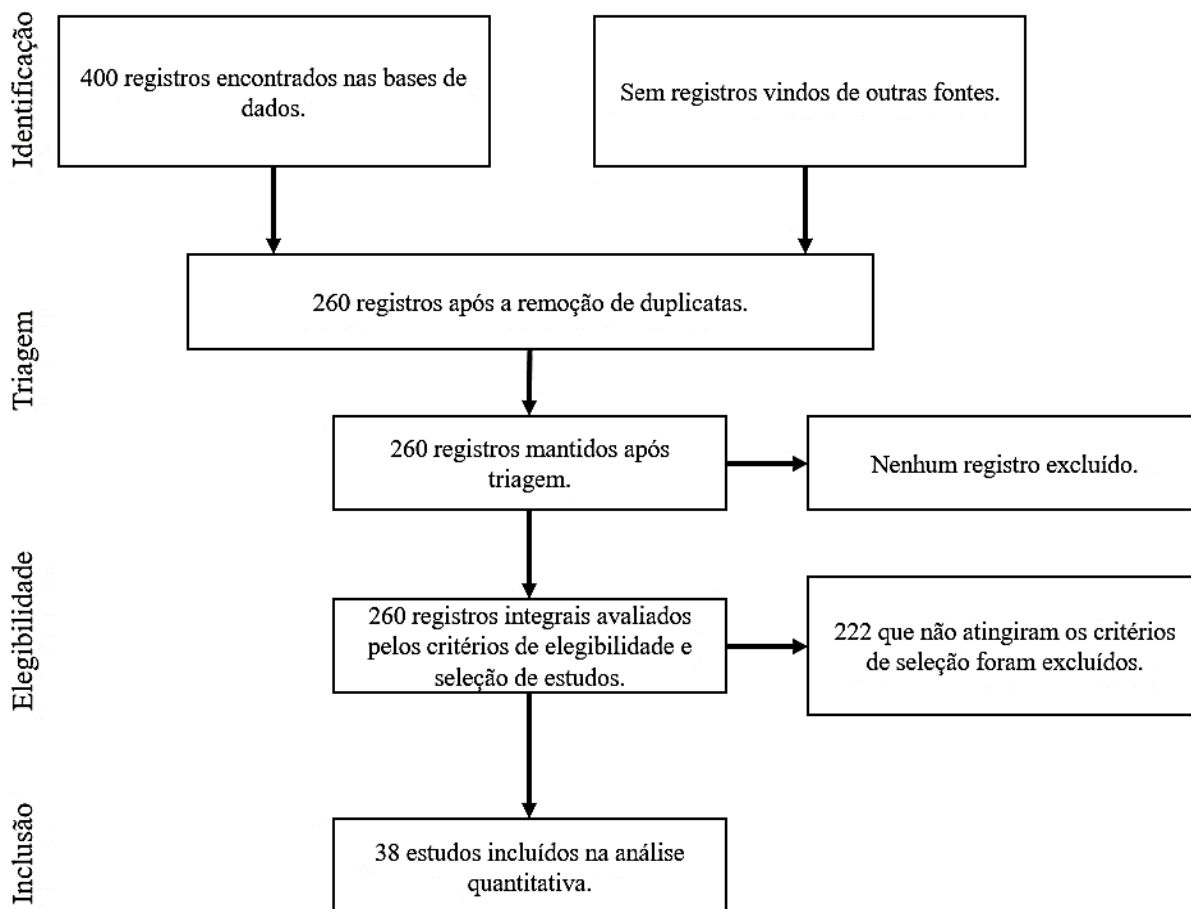


Figura 2. Fluxo de informações do protocolo PRISMA.

A partir da estratégia de busca adotada, foram selecionados estudos na forma de artigo e revisão, no idioma inglês e publicados em periódicos que não advém de trabalhos de conferências e simpósios. Não foi realizada nenhuma restrição temporal aos artigos publicados, sendo que todos os artigos, independentemente da data de publicação, foram incluídos no portfólio bibliográfico. O resultado da busca apresentou 400 artigos nas três bases de dados, que após a remoção das duplicidades resultou em 260 estudos diferentes. A partir da análise da metodologia utilizada para a realização dos estudos restantes, foram selecionados 38 estudos que contém *surveys* investigando os fatores que influenciam a aceitação de medidores inteligentes por consumidores residenciais. O fluxo de obtenção dos estudos é apresentado na Figura 2.

2.2. Meta-análise

A meta análise tem como objetivo reunir e sintetizar os resultados obtidos em estudos realizados em uma determinada área (Borenstein et al., 2009). Com a reunião e análise conjunta de vários trabalhos acerca de um mesmo tema, se busca o estabelecimento de um modelo robusto de pesquisa (Gimpel et al., 2020). A meta análise estatística fornece um meio pelo qual se pode avaliar o tamanho de determinado efeito investigado em um estudo num contexto com os outros estudos similares da área (Borenstein et al., 2009). Ao avaliar um conjunto de estudos por meio de uma meta análise estatística, também é possível superar a interpretação da significância estatística de relações individuais para se embasar as conclusões em um conjunto maior de estudos, permitindo discutir a

dimensão dos efeitos investigados de forma imparcial e em um contexto muito mais amplo do que em uma revisão narrativa (Borenstein et al., 2009). O método de meta-análise estatística já foi utilizado anteriormente em estudos de aceitação de tecnologia (e.g., Gimpel et al., 2020) e em estudos relacionados à preocupação ambiental (e.g., Klöckner, 2013), sendo considerada tão importante para a consolidação do conhecimento científico quanto qualquer pesquisa original, pelo seu poder de consolidar e organizar o conhecimento gerado (Glass, 1976).

Para realizar esta meta-análise foram identificados na literatura os estudos que apresentam uma abordagem quantitativa com estimações das relações entre os construtos das teorias baseadas em crenças (*belief-based theories*) para aceitação e adoção de medidores inteligentes. A compatibilidade dos estudos, no sentido

de utilizarem teorias e escalas de medida compatíveis, é um requisito indispensável para a realização da meta-análise estatística. Os estudos selecionados da literatura foram examinados a fim de se verificar a presença desta abordagem quantitativa. Muitas destas pesquisas não tratavam de construtos, ou não utilizavam o sistema de escala do tipo *Likert* para mensuração dos construtos. Esta restrição eliminou 26 estudos destes. Dentre os trabalhos identificados na literatura, 12 artigos apresentam estimações para serem incluídos na meta-análise dos resultados, correspondendo a 5637 indivíduos amostrados (Tabela 2). Apesar da reduzida quantidade de artigos incluídos no estudo, a literatura sobre o tema indica esta amostra como suficiente, comparável em magnitude a um estudo que reporta a meta-análise de aceitação de tecnologias de energia, com sete estudos e 4003 indivíduos (Gimpel et al., 2020).

Tabela 2. Estudos selecionados para realização da meta-análise.

Estudo	Autores	Periódico	Ano	Teorias de Base
A smarter electricity grid for the Eastern Province of Saudi Arabia: Perceptions and policy implications	Düşteğör, D.; Sultana, N.; Felemban, N.; Al Qahtani, D.	Utilities Policy	2018	TPB
A study of factors enhancing smart grid consumer engagement	Park, C.-K.; Kim, H.-J.; Kim, Y.-S.	Energy Policy	2014	TAM
A synthetic view of acceptance and engagement with smart meters in the United States	Bugden, D.; Stedman, R.	Energy Research & Social Science	2019	TRA and TPB
An Empirical Study of the Acceptance of IoT-Based Smart Meter in Malaysia: The Effect of Electricity-Saving Knowledge and Environmental	Alkaws, G. A.; Ali, N.; Baashar, Y.	IEEE Access	2020	UTAUT2
Between the technology acceptance model and sustainable energy technology acceptance model: Investigating smart meter acceptance in the United States	Chen, C. F.; Xu, X.; Arpan, L.	Energy Research & Social Science	2017	TAM and SETA
Cross-country review of smart grid adoption in residential buildings	Chou, J. S.; Kim, C.; Ung, T. K.; Yutami, I G. A. N.; Lin, G. T.; Son, H.	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2015	TAM
Determinants of willingness to pay for smart meters an empirical analysis of household customers in Germany	Gerpott, T. J.; Paukert, M.	Energy Policy	2013	UTAUT
Factors affecting adoption of smart meters in the post-Fukushima era in Taiwan: an extended protection motivation theory perspective	Chen, K.; Yeh, C.	Behaviour and Information Technology	2017	PMT
Making energy visible: sociopsychological aspects associated with the use of smart meters	Guerreiro, S.; Batel, S.; Lima, M. L.; Moreira, S.	Energy Efficiency	2015	TRA and TAM
Shared benefits and information privacy: What determines smart meter technology adoption?	Warkentin, M.; Goel, S.; Menard, P.	Journal of the association for Information Systems	2017	UTAUT
Smart meter adoption and deployment strategy for residential buildings in Indonesia	Chou, J. S.; Yutami, G. A. N.	Applied Energy	2014	TAM
The social dimensions of smart meters in the United States: Demographics, privacy, and technology readiness	Hmielowski, J. D.; Boyd, A. D.; Harvey, G.; Joo, J.	Energy Research & Social Science	2019	TRA and TPB

Com o objetivo de abranger o maior número possível de estudos para a meta análise, fornecendo assim o melhor contexto possível para se investigar o tamanho dos efeitos das influências dos construtos em relação a toda a literatura disponível (Borenstein et al., 2009), adotou-se como modelo a proposta da teoria UTAUT2 (Venkatesh et al., 2012). Esta teoria é uma extensão da

UTAUT (Venkatesh et al., 2003), que reúne oito teorias prévias de aceitação de tecnologias, identificando os conceitos comuns entre elas e compatibilizando as relações nelas existentes. O modelo teórico testado na meta-análise, que segue as relações propostas no UTAUT2 (Venkatesh et al., 2012) é apresentado na Figura 3.

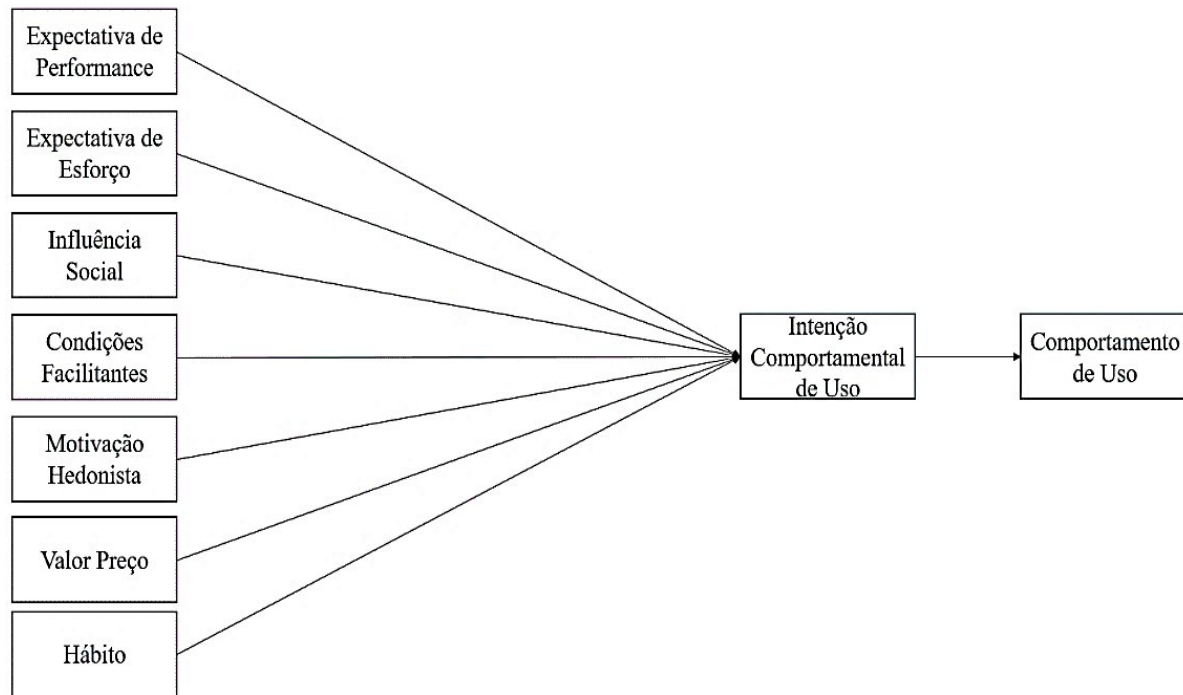


Figura 3. Modelo teórico utilizado na meta-análise

Uma breve definição dos construtos é fornecida com base no trabalho de Venkatesh et al. (2003). A Expectativa de Performance exprime o quanto um indivíduo acredita que usar uma tecnologia irá ajudá-lo a atingir ganhos em uma tarefa. A Expectativa de esforço, por sua vez, exprime o quanto a pessoa acredita que será fácil utilizar uma tecnologia. A Influência Social quantifica o quanto um indivíduo acredita que pessoas importantes para ele pensam que ele deveria usar uma tecnologia. Condições Facilitantes medem quanto um indivíduo acredita que uma infraestrutura técnica e organizacional exista para dar suporte ao uso de uma tecnologia. A Motivação Hedonista mede o prazer ou divertimento ao usar uma tecnologia. Já o valor preço mede a troca cognitiva entre os benefícios percebidos de aplicativos e o custo monetário por usá-los. O Hábito referência o quanto uma pessoa tende a realizar comportamentos automaticamente pelo aprendizado. Por fim, a Intenção Comportamental de Uso é o plano

de ação das pessoas e sua motivação expressa de realizar o comportamento, já o Comportamento de Uso representa o uso propriamente dito da tecnologia.

Para casos em que é medida uma variável dependente quantitativa é recomendada a realização de correções de potenciais desvios presentes nas estimativas apresentadas, como apresentado na meta-análise psicométrica, ou também denominada como método Hunter-Schmidt (Borenstein et al., 2009). Essa abordagem tem sido amplamente aplicada em pesquisas que utilizam variáveis latentes e itens mensurados por escala do tipo *Likert* (e.g., Bitencourt et al., 2020; Otto et al., 2020; Santini et al., 2020) Nesta pesquisa as correlações identificadas na literatura foram corrigidas (desatenuadas) considerando o tamanho de amostra utilizado e a confiabilidade dos construtos originais (Borenstein et al., 2009; Card, 2012). Para a confiabilidade dos construtos foi utilizada a medida de

alfa de Cronbach (Cronbach, 1951) ou quando esta não está disponível, o valor de Confiabilidade Composta (*Composite Reliability* - CR) (Bacon et al., 1995). Para casos em que estas medidas não estavam disponíveis foi utilizado o valor de 0,7, que corresponde a recomendação mínima para validação dos construtos (Nunnally & Bernstein, 1994). Seguindo a proposição de Hunter-Schmidt (Borenstein et al., 2009; Card, 2012; Hunter & Schmidt, 2004) e amplamente aplicada na literatura (e.g., Ataseven & Nair, 2017; Nair, 2006), a partir deste levantamento é possível estimar o valor de desatenuação correspondente à confiabilidade do construto (A_i) a partir da Equação 1, além da contribuição de cada estudo (w_i) pela Equação 2. Em que α_x corresponde à medida de confiabilidade do construto e N_p , ao tamanho de amostra utilizada.

$$A_i = \sqrt{\alpha_{xxi}\alpha_{yyi}} \quad (1)$$

$$w_i = N_i A_i^2 \quad (2)$$

Por fim, é possível estimar a correlação corrigida para cada relação entre variável dependente e independente (Equação 3), além da variância do erro amostral para cada estudo (Equação 4).

$$r_i = \frac{r_i}{A_i} \quad (3)$$

$$e_i = \frac{(1 - r_i^2)^2}{(N_i - 1)A_i^2} \quad (4)$$

A partir do peso de cada estudo, sua correlação ajustada e do erro amostral é possível utilizar as heurísticas para análise de dados de meta-análise desenvolvidas por Hunter e Schmidt (1990) e aplicadas na literatura (e.g., Ataseven & Nair, 2017; Nair, 2006; Xu et al., 2020). A primeira heurística, denominada “*ratio 1*”, representa a proporção entre as correlações médias (\bar{r}) e o desvio padrão estimado (e). Caso o valor obtido para “*ratio 1*” seja superior ou igual a dois, torna-se possível concluir que a correlação da população é positiva

(Hunter & Schmidt, 1990). A segunda heurística está relacionada a heterogeneidade entre os estudos, sendo denominada “*ratio 2*”. O *ratio 2* é estimado a partir da razão entre a média da variância do erro amostral referente às correlações corrigidas (\bar{e}) e a variância das correlações corrigidas observada (e^2). Resultados do *ratio 2* superiores a 0,75 indicam que existe apenas uma correlação populacional e a correlação não sofre efeito de variáveis moderadoras (Ataseven & Nair, 2017; Nair, 2006; Xu et al., 2020). Nos casos em que o valor de “*ratio 2*” é inferior a 0,75, os resultados indicam que variáveis moderadoras possuem efeito relevante perante a relação analisada, sendo que é recomendada a inclusão de outras variáveis moderadoras no modelo (Ataseven & Nair, 2017; Hunter & Schmidt, 1990; Nair, 2006; Xu et al., 2020).

Os resultados das estimativas de relação (\bar{r}) e de erro de estimação (e) são utilizadas para calcular o efeito compilado das relações. Esta estimativa também está baseada no método Hunter-Schmidt (Schmidt, 2015), indicada para estimativa de pesquisas com dados psicométricos (Borenstein et al., 2009; Card, 2012). Para esta estimativa é aplicado um modelo que considera as estimativas individuais de forma randômica (*random effect*). Os modelos com efeitos randômicos consideram que os estudos individuais são amostras de uma população, sendo que a análise considera uma distribuição populacional dos efeitos (Card, 2012). O software estatístico Stata® v.16 foi utilizado para todas as estimações realizadas neste trabalho.

3. RESULTADOS

Um resumo dos dados descritivos dos estudos selecionados é apresentado na Tabela 3. É possível observar uma predominância dos estudos no continente asiático, seguido das américas e da Europa.

Tabela 3. Dados descritivos dos estudos selecionados para meta-análise

Continente	País	N	Ano	Teoria de Base
Ásia	Malásia	318	2020	UTAUT2
	Indonésia	301	2014	TAM
	Vietnã	211	2015	TAM
	Coreia do Sul 1	211	2015	TAM
	Taiwan 1	292	2017	PMT
	Taiwan 2	270	2015	TAM
	Arábia Saudita	227	2018	TPB
	Coreia do Sul 2	255	2014	TAM
Europa	Portugal	515	2015	TRA e TAM
	Alemanha	453	2013	UTAUT
América	EUA 1	711	2017	TAM e SETA
	EUA 2	609	2019	TRA e TPB
	EUA 3	229	2017	UTAUT
	EUA 4	1035	2019	TRA e TPB
Total		5637		

A Tabela 4 apresenta um sumário dos resultados obtidos para as relações entre os construtos. Do ponto de vista das heurísticas *ratio 1* e *ratio 2* (Hunter & Schmidt, 1990), os valores do *ratio 1* calculados superiores a 2 indicam que as correlações são significativas (Nair, 2006), como no caso das relações entre os constructos Expectativa de Esforço > Intenção Comportamental [(EE) > (BI)], Influência Social > Intenção Comportamental [(SI) > (BI)], Motivação Hedônica > Intenção Comportamental [(HM) > (BI)] e Hábito > Intenção Comportamental [(EH) > (BI)]. Mesmo que o cálculo do *ratio 1* indique a rejeição da correlação apresentada, a estatística θ confirma a significância de

todas as correlações estimadas com nível de confiança de 90%. Como era esperado, as conclusões tomadas a partir do *ratio 1* demandam maiores evidências dos dados para confirmar a hipótese de correlação entre os constructos que a estatística θ , se demonstrando um padrão mais rígido para confirmação da correlação. Os valores calculados para *ratio 2* inferiores a 0,75 indicam a necessidade de maiores explicações das relações por meio de inclusão de variáveis moderadoras (Nair, 2006), como no caso de todas as relações, com exceção da relação (SI) > (BI), necessitam de uma moderação para serem explicadas.

Tabela 4. Relações do modelo adotado

Relação	N (total)	K ¹ (estudos)	Conf. (α - média)	Ratio 1 (Método HS)	Ratio 2 (Método HS)	Estim. Efeito	IC (95%)	Estat. θ
(PE) > (BI)	4416	11	0,84	1,3292	0,0470	0,26	0,12 - 0,40	3,58***
(EE) > (BI)	1967	5	0,85	3,4536	0,3069	0,25	0,17 - 0,33	6,18***
(SI) > (BI)	2389	5	0,78	5,5885	0,8882	0,09	0,04 - 0,14	3,75***
(FC) > (BI)	2733	6	0,86	0,6554	0,1261	0,10	0,01 - 0,19	2,28**
(BI) > (UB)	1103	3	0,84	1,5869	0,0248	0,52	0,20 - 0,84	3,18**
(HM) > (BI)	723	3	0,94	8,2445	0,3330	0,52	0,45 - 0,60	13,15***
(PV) > (BI)	6444	12	0,79	-0,7223	0,0525	-0,09	(-0,19) - 0,02	-1,63*
(EH) > (BI)	4668	7	0,80	2,5636	0,3510	0,13	0,07 - 0,18	4,38***

* Significante a 10% / ** Significante a 5% / *** Significante a 1%

¹ Alguns trabalhos possuem mais de um estudo, com diferentes populações e diferentes relações publicados em um único artigo.

Os gráficos de floresta, que apresentam as estimativas de cada relação assim como a dispersão entre as correlações de cada estudo são apresentados no Apêndice A. Os resultados apresentados pelas estimativas de efeito indicam as relações (BI) > (UB) e (HM) > (BI) como sendo as mais fortes, ambas com coeficiente estimado de 0,52. A seguir estão as relações (PE) > (BI) e (EE) > (BI), ambas com coeficiente

estimado de 0,26 e 0,25, respectivamente. As demais relações apresentam valores menores, sendo que a relação (PV) > (BI) apresenta um valor negativo (-0,09). Os valores da estatística θ indicam que todas as estimativas são significativas, sendo a relação (PV) > (BI) significativa a 10%, as relações (FC) > (BI) e (BI) > (UB) significativas a 5% e as demais significativas a 1%.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados que apresentaram relação significativa (p -valor < 0,10) na meta análise e foram exibidos

nas Tabela 2 são apresentados na forma gráfica na Figura 4.

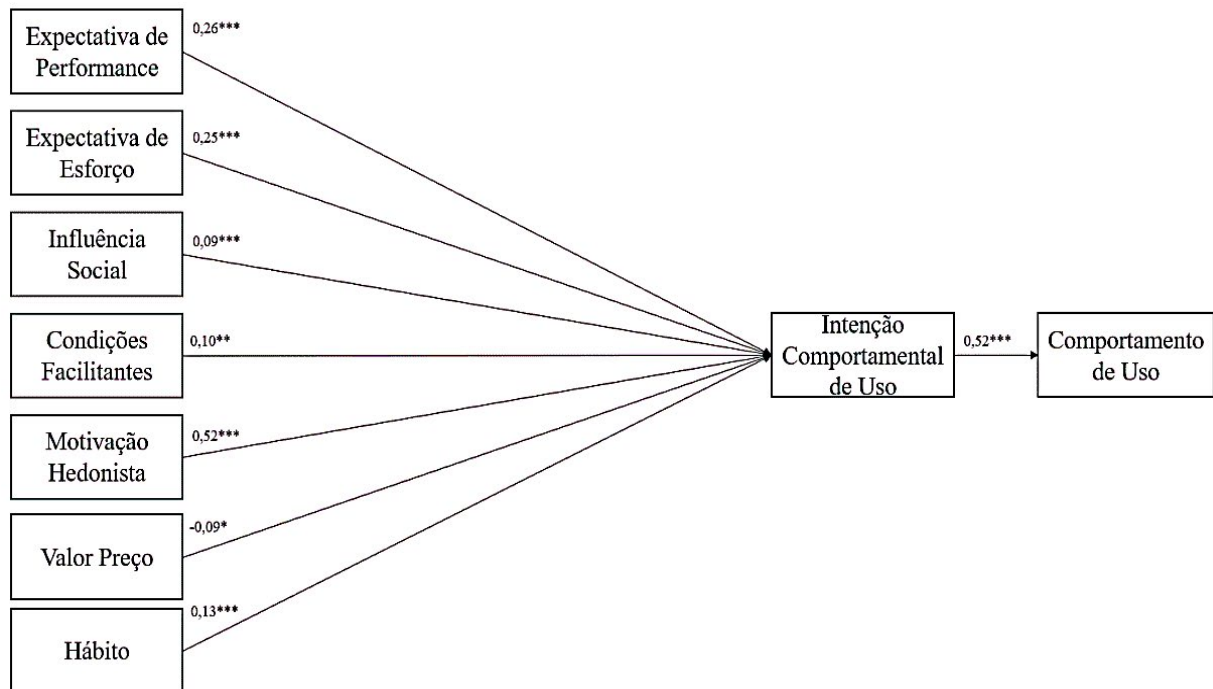


Figura 4. Modelo de meta-análise de aceitação de medidores inteligentes por consumidores residenciais

O valor encontrado através da meta-análise para a relação intenção comportamental > comportamento de uso ($\beta = 0,52$; p -valor < 0,001) confirma de forma empírica a base das Teoria da Ação Fundamentada (Fishbein, 1976), Teoria do Comportamento Planejado (Ajzen, 1991) e Modelo de Aceitação de Tecnologia (Davis et al., 1989), de que a intenção comportamental de uso é o maior influenciador do comportamento de uso. O baixo número de estudos em que essa relação foi testada sugere que esta relação já está bem estabelecida e que o foco das pesquisas empíricas é determinar quais fatores influenciam a intenção comportamental de uso e não o comportamento de uso em si.

A relação Motivação Hedonista com o construto Intenção de Uso ($\beta = 0,52$; p -valor < 0,001) é a que possui maior valor entre os influenciadores da intenção comportamental de uso. Este resultado confirma outras pesquisas que indicam que a Motivação Hedonista é um dos principais fatores para aceitação quando se trata de tecnologias inteligentes de energia, de modo mais amplo (Gimpel et al., 2020), e de modo mais específico, como no caso de termostatos inteligentes (Girod et al., 2017). A partir deste resultado, pode-se interpretar que quanto mais os consumidores perceberem o medidor inteligente como algo divertido de se usar, maior será a aceitação dos medidores inteligentes. Um exemplo de como utilizar a motivação hedonista como meio

para a aceitação de medidores inteligentes é uma gameificação cooperativa e competitiva para estimular a economia de energia (Wemyss et al., 2018). Outra experiência que aborda a mesma estratégia é a construção de uma plataforma amigável e intuitiva para monitorar e controlar o consumo de energia (Fensel et al., 2013). O resultado desta relação indica que a aceitação de medidores inteligentes tende a aumentar se, do ponto de vista do público, eles se apresentarem de maneira mais semelhante a outros componentes das casas inteligentes, que possuem uma função de entretenimento mais enraizada (Balta-Ozkan et al., 2014). Contudo, o menor número de estudos que testam esta relação, assim como uma baixa menção desse fator na literatura de aceitação de medidores inteligentes indica a necessidade de uma maior investigação do impacto da motivação hedonista na aceitação de medidores inteligentes.

Outra relação de forte efeito apontada nos resultados obtidos na meta análise é a relação com o construto expectativa de performance para o construto intenção comportamental de uso ($\beta = 0,26$; p -valor $< 0,001$). Este resultado é esperado, dada a característica dos medidores inteligentes de poder fornecer um *feedback* instantâneo sobre o consumo de energia (Avancini et al., 2019), além de serem entendidos pelos consumidores como um instrumento para atingirem um melhor gerenciamento, e conseqüentemente, uma redução do consumo de energia (Kaufmann et al., 2013). Outra clara e bem documentada utilidade relacionada com os medidores inteligentes é seu uso para integrar outras tecnologias, como sistemas de segurança e sistemas residenciais de microgeração (Darby, 2010). Outros fatores importantes como a preocupação ambiental e o aumento do uso de energia de fontes renováveis também estão inseridos no contexto de expectativa de performance, como é extensamente relatado na literatura (e.g., Alkawsí et al., 2018; Bugden & Stedman, 2019; C. Chen et al., 2017). O aspecto ambiental ainda é observado na expectativa de que o medidor inteligente ajude na transição para uma matriz energética menos dependente da energia nuclear, algo que é perseguido por várias nações após os acontecimentos de Fukushima (K.-Y. Chen & Yeh, 2017). Quanto mais o medidor inteligente parecer ser útil para atingir esses objetivos, maior será a intenção de utilizar o medidor, o que também é consistente com outra meta análise realizada para tecnologias inteligentes de energia de forma ampla (Gimpel et al., 2020), e com termostatos inteligentes (Girod et al., 2017).

Outro construto que apresenta uma forte relação com a intenção de uso do medidor inteligente é a expectativa de esforço ($\beta = 0,25$; p -valor $< 0,001$). Este construto compreende fatores como facilidade de uso e familiaridade, que são recorrentes na literatura como influenciadores para a aceitação de medidores inteligentes (Boudet, 2019; Chou et al., 2015; Düşteğör et al., 2018). A literatura menciona a familiaridade como uma influência contrária à aceitação, dado que as pessoas ainda não conhecem muito essa tecnologia e julgam ela como sendo complexa (Boudet, 2019). Já a facilidade de uso é dada como uma influência positiva nos medidores inteligentes, na qual quanto mais fácil parece ser utilizar a tecnologia, maior será sua aceitação (Park et al., 2014). Os resultados sugerem que a facilidade de uso percebida supera a falta de familiaridade, dado o valor positivo da relação, o que é contrastante com os resultados encontrados por Gimpel, Graf e Graf-Drasch (2020), que não encontraram significância estatística nesta relação. É importante ressaltar que a meta análise realizada por Gimpel, Graf e Graf-Drasch (2020) compreende a aceitação de tecnologias de energia de modo geral, enquanto a meta análise aqui apresentada está restrita apenas a medidores inteligentes.

A influência social também possui um peso positivo e significativo na aceitação do medidor inteligente. Este resultado vai na mesma direção do encontrado por Girod, Mayer e Nägele (2020) para termostatos inteligentes, mas contrasta com o que foi encontrado por Gimpel, Graf e Graf-Drasch (2020), o que pode indicar a necessidade de mais estudos investigativos do efeito da influência social na aceitação de medidores inteligentes. A moderação significativa por ano indica que o valor da relação influência social $>$ intenção comportamental de uso vêm aumentando nos últimos anos, o que fica evidente ao se analisar grupos locais que protestam contra medidores inteligentes, por supostos danos à saúde (Hess & Coley, 2014) ou por questões sociais (Kallman & Frickel, 2019), e até mesmo ao se analisar que em uma rede social os termos de pesquisa “*Smart meters are genocide*” e “*Smart meters kills*” possuem milhares de fotos e postagens a eles associados. Portanto, deve-se monitorar de maneira continuada o valor da relação influência social $>$ intenção comportamental de uso.

Condições Facilitantes, Hábito e Valor Preço apresentam um menor efeito no construto na intenção de uso. Outros estudos corroboram a indicação de

menor importância do preço do medidor inteligente para o consumidor (Fettermann et al., 2020). Porém, é necessário destacar que hábitos de economia de energia e de preocupação com o meio ambiente também são importantes para aceitação de medidores inteligentes e o valor preço engloba fatores com influências distintas, como a expectativa de ganho financeiro, dado como positivo (Bugden & Stedman, 2019; Kaufmann et al., 2013; Park et al., 2014) e a perda de privacidade, dada como uma influência negativa (Boudet, 2019; Bugden & Stedman, 2019; C. Chen et al., 2017). A privacidade como fator negativo pode apresentar problemas em uma das maiores utilidades dos medidores inteligentes, que é a ajuda no planejamento da oferta de energia (Gumz et al., 2022). Uma alternativa a ser adotada é separar essas influências em construtos distintos para investigar a influência de cada um na aceitação.

Finalmente, é importante ressaltar que, dentre toda a literatura acerca da aceitação de medidores inteligentes, apenas um pequeno grupo de estudos se mostrou compatível para a realização de uma meta-análise estatística. Não é possível, a partir da amostra utilizada, inferir conclusões absolutas de caráter global em relação à aceitação de medidores inteligentes de energia. Apesar dos resultados significativos encontrados, várias questões abordadas em outras revisões não foram contempladas nos construtos e teorias dos artigos desta meta-análise. Este fato reforça a necessidade de mais pesquisas utilizando teorias compatíveis com a técnica de meta-análise estatística para demonstrar possíveis influenciadores regionais da aceitação de medidores inteligentes, como por exemplo os grupos de resistência na América do Norte (Hess & Coley, 2014), as implementações focadas nas metas de economia de energia da Europa (Buchanan et al., 2016) e a influência das redes sociais na aceitação da América do Sul (Gumz & Fettermann, 2021).

5. CONCLUSÃO

O desafio enfrentado mundialmente para amenizar as mudanças climáticas e a transformação digital que busca criar as cidades inteligentes demandam a implementação em larga escala dos medidores inteligentes. Porém, além da instalação é necessária a participação da sociedade, que precisa aceitar os medidores em suas residências e se tornar parte ativa na busca por um uso mais racional da energia elétrica. Nesse sentido busca-se entender quais são os fatores que influenciam a aceitação do medidor inteligente e a magnitude destas influências? Para responder essas perguntas, foi realizada uma meta-análise da

literatura de aceitação de medidores inteligentes por consumidores residenciais. O modelo de meta-análise utilizado foi o UTAUT2 (*Extended Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*), devido a sua compatibilidade com várias outras teorias de aceitação de novas tecnologias. O método estatístico de meta-análise utilizado é o de Hunter-Schmidt, e foram testadas todas as relações presentes no modelo UTAUT2. A partir da análise de 260 artigos diferentes que compõem a literatura de aceitação de medidores inteligentes residenciais, foram identificados 12 estudos com estimativas compatíveis com a UTAUT2 para a realização da meta-análise.

Todas as relações propostas no UTAUT2 testadas pela meta-análise se mostraram significativas. Além da relação Intenção Comportamental de Uso > Comportamento de Uso, premissa de várias teorias de aceitação, a relação de maior magnitude encontrada é Motivação Hedonista > Intenção Comportamental de Uso. Essa é uma importante contribuição para a pesquisa em aceitação, dado que a maior parte das revisões narrativas de aceitação de medidores inteligentes não ressaltam a função da motivação hedonista. Outras relações com forte magnitude são Expectativa de Performance > Intenção Comportamental de Uso e Expectativa de Esforço > Intenção Comportamental de Uso, que encontram mais eco nas revisões narrativas de literatura de aceitação de medidores inteligentes. Estes resultados podem trazer *insights* importantes para os responsáveis pelas políticas de implementação, sugerindo uma abordagem menos focada em políticas governamentais da utilização de medidores inteligentes e destacando mais a facilidade de uso, a utilidade e, sobretudo, o caráter de entretenimento ligado ao medidor inteligente para facilitar a introdução destes dispositivos nas residências dos usuários.

Os resultados encontrados para as relações Influência Social > Intenção Comportamental de Uso e Custos Associados > Intenção Comportamental de Uso, apesar de pequenos em magnitude, revelam que inseridas nestas relações podem estar fatores conflitantes, que podem estar se anulando. Sugere-se um desmembramento dessas relações em pesquisas futuras para investigar a magnitude de cada um destes fatores.

Finalmente, a partir do tamanho total da amostra presente em estudos compatíveis para a realização desta meta-análise em comparação à quantidade inicial de estudos sobre medidores inteligentes, pode-se concluir que há ainda poucos estudos de predição da aceitação de medidores inteligentes residenciais

elaborados de forma a serem comparados com outros estudos, contribuindo dessa maneira para um modelo mais robusto de aceitação de medidores inteligentes residenciais. Isso reforça a necessidade de mais estudos, em todos os continentes, que avaliem a aceitação dos medidores com base em teorias e escalas de medida compatíveis com outros estudos, para que sejam avaliados de maneira estatística, evitando-se assim o viés de narrativa. Além disso, a meta análise dos estudos quantitativos de aceitação apresenta resultados que não são encontrados em nenhum dos estudos individualmente, o que reforça a importância de novas pesquisas em contextos mais específicos.

REFERÊNCIAS

- [1] Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/074959789190020T>
- [2] Alkawsi, G. A., & Ali, N. B. (2018). A Systematic Review of Individuals' Acceptance of IOT-based Technologies. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.35), 136–142. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.35.22342>
- [3] Alkawsi, G. A., Ali, N. B., & Alghushami, A. (2018). Toward Understanding Individuals' Acceptance of Internet of Things–Based Services: Developing an Instrument to Measure the Acceptance of Smart Meters. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 96(13), 4265–4281. <http://www.jatit.org/volumes/Vol96No13/26Vol96No13.pdf>
- [4] Ataseven, C., & Nair, A. (2017). Assessment of supply chain integration and performance relationships: A meta-analytic investigation of the literature. *International Journal of Production Economics*, 185, 252–265. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.01.007>
- [5] Avancini, D. B., Rodrigues, J. J. P. C., Martins, S. G. B., Rabêlo, R. A. L., Al-Muhtadi, J., & Solic, P. (2019). Energy meters evolution in smart grids: A review. *Journal of Cleaner Production*, 217, 702–715. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.229>
- [6] Bacon, D. R., Sauer, P. L., & Young, M. (1995). Composite Reliability in Structural Equations Modeling. *Educational and Psychological Measurement*, 55(3), 394–406. <https://doi.org/10.1177/0013164495055003003>
- [7] Balta-Ozkan, N., Amerighi, O., & Boteler, B. (2014). A comparison of consumer perceptions towards smart homes in the UK, Germany and Italy: reflections for policy and future research. *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(10), 1176–1195. <https://doi.org/10.1080/09537325.2014.975788>
- [8] Bitencourt, C. C., de Oliveira Santini, F., Zanandrea, G., Froehlich, C., & Ladeira, W. J. (2020). Empirical generalizations in eco-innovation: A meta-analytic approach. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118721. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118721>
- [9] Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). Introduction to Meta-Analysis. *International Statistical Review*, 77 (3), 478-479 https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2009.00095_15.x
- [10] Boudet, H. S. (2019). Public perceptions of and responses to new energy technologies. *Nature Energy*, 4, 446–455. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0399-x>
- [11] Buchanan, K., Banks, N., Preston, I., & Russo, R. (2016). The British public's perception of the UK smart metering initiative: Threats and opportunities. *Energy Policy*, 91, 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.003>
- [12] Buchanan, K., Russo, R., & Anderson, B. (2015). The question of energy reduction: The problem(s) with feedback. *Energy Policy*, 77, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.12.008>
- [13] Bugden, D., & Stedman, R. (2019). A synthetic view of acceptance and engagement with smart meters in the United States. *Energy Research & Social Science*, 47 (January 2019), 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.08.025>
- [14] Card, N. A. (2012). *Applied meta-analysis for social science research* (1° ed). Guilford Publications.

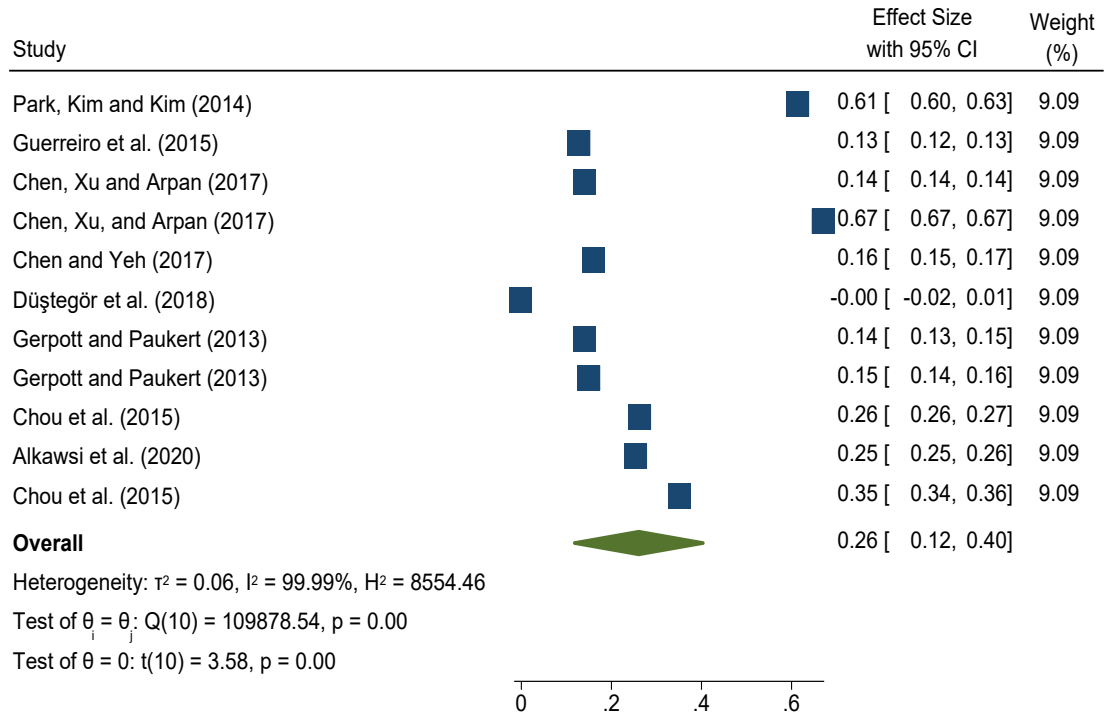
- [15] Chen, C., Xu, X., & Arpan, L. (2017). Between the technology acceptance model and sustainable energy technology acceptance model: Investigating smart meter acceptance in the United States. *Energy Research & Social Science*, 25, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.12.011>
- [16] Chen, K.-Y., & Yeh, C.-F. (2017). Factors affecting adoption of smart meters in the post-Fukushima era in Taiwan: an extended protection motivation theory perspective. *Behaviour & Information Technology*, 36(9), 955–969. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2017.1317363>
- [17] Chou, J.-S., & Yutami, I. G. A. N. (2014). Smart meter adoption and deployment strategy for residential buildings in Indonesia. *Applied Energy*, 128, 336–349. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.083>
- [18] Chou, J.-S., Kim, C., Ung, T.-K., Yutami, I. G. A. N., Lin, G.-T., & Son, H. (2015). Cross-country review of smart grid adoption in residential buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 192–213. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.055>
- [19] Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- [20] Darby, S. (2010). Smart metering: what potential for householder engagement? *Building Research & Information*, 38(5), 442–457. <https://doi.org/10.1080/09613218.2010.492660>
- [21] Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 35(8), 982–1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- [22] De Mattos, C. S., Fettermann, D. C., & Cauchick-Miguel, P. A. (2021). Service modularity: literature overview of concepts, effects, enablers, and methods. *The Service Industries Journal*, 41(15-16), 1007-1028. <https://doi.org/10.1080/02642069.2019.1572117>
- [23] Düştegör, D., Sultana, N., Felemban, N., & Al Qahtani, D. (2018). A smarter electricity grid for the Eastern Province of Saudi Arabia: Perceptions and policy implications. *Utilities Policy*, 50, 26–39. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2017.09.009>
- [24] Echeveste, M. E. S., Rozenfeld, H., & Fettermann, D. D. C. (2017). Customizing practices based on the frequency of problems in new product development process. *Concurrent Engineering*, 25(3), 245-261. <https://doi.org/10.1177/1063293X16686154>
- [25] Ellabban, O., & Abu-Rub, H. (2016). Smart grid customers' acceptance and engagement: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 1285–1298. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.021>
- [26] Fensel, A., Tomic, S., Kumar, V., Stefanovic, M., Aleshin, S. V., & Novikov, D. O. (2013). SESAME-S: Semantic smart home system for energy efficiency. *Informatik-Spektrum*, 36(1), 46–57. <https://doi.org/10.1007/s00287-012-0665-9>
- [27] Fettermann, D. C., Borriello, A., Pellegrini, A., Cavalcante, C. G., Rose, J. M., & Burke, P. F. (2021). Getting smarter about household energy: the who and what of demand for smart meters. *Building Research & Information*, 49(1), 100-112. <https://doi.org/10.1080/09613218.2020.1807896>
- [28] Fettermann, D. C., Cavalcante, C. G. S., Ayala, N. F., & Avalone, M. C. (2020). Configuration of a smart meter for Brazilian customers. *Energy Policy*, 139, 111309. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111309>
- [29] Fishbein, M. (1976). A Behavior Theory Approach to the Relations between Beliefs about an Object and the Attitude Toward the Object. In *Mathematical Models in Marketing. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems (Operations Research)* (p. 87–88). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-51565-1_25
- [30] Gimpel, H., Graf, V., & Graf-Drasch, V. (2020). A comprehensive model for individuals' acceptance of smart energy technology – A meta-analysis. *Energy Policy*, 138(April 2019), 111196. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111196>
- [31] Girod, B., Mayer, S., & Nägele, F. (2017). Economic versus belief-based models: Shedding light on the adoption of novel green technologies. *Energy Policy*, 101(November 2016), 415–426. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.065>

- [32] Glass, G. V. (1976). Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research. *Educational Researcher*, 5(10), 3–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X005010003>
- [33] Gumz, J., & Fettermann, D. C. (2021). What improves smart meters' implementation? A statistical meta-analysis on smart meters' acceptance. *Smart and Sustainable Built Environment*, Ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/SASBE-05-2021-0080>
- [34] Gumz, J., Fettermann, D. C., Frazzon, E. M., & Kück, M. (2022). Using Industry 4.0's Big Data and IoT to Perform Feature-Based and Past Data-Based Energy Consumption Predictions. *Sustainability*, 14(20), 13642. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/su142013642>
- [35] Hess, D. J., & Coley, J. S. (2014). Wireless smart meters and public acceptance: The environment, limited choices, and precautionary politics. *Public Understanding of Science*, 23(6), 688–702. <https://doi.org/10.1177/0963662512464936>
- [36] Hunter, J. E., & Schmidt, F. L. (1990). Dichotomization of Continuous Variables: The Implications for Meta-Analysis. *Journal of Applied Psychology*, 75(3), 334–349. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.75.3.334>
- [37] Hunter, J. E., & Schmidt, F. L. (2004). *Methods of meta-analysis: Correcting error and bias in research findings* (2° ed). Sage.
- [38] IPCC. (2018). Summary for Policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, & T. Waterfield (Orgs.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, (p. 3–35). World Meteorological Organization. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf
- [39] Jaramillo, N. C., Cardona, C. J. F., & Henao, J. D. V. (2014). Smart meters adoption: recent advances and future trends. *DYNA*, 81(183), 221–230. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n183.38148>
- [40] Kallman, M. E., & Frickel, S. (2019). Power to the people: industrial transition movements and energy populism. *Environmental Sociology*, 5(3), 255–268. <https://doi.org/10.1080/23251042.2018.1531497>
- [41] Kaufmann, S., Künzel, K., & Loock, M. (2013). Customer value of smart metering: Explorative evidence from a choice-based conjoint study in Switzerland. *Energy Policy*, 53, 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.072>
- [42] Klöckner, C. A. (2013). A comprehensive model of the psychology of environmental behaviour-A meta-analysis. *Global Environmental Change*, 23(5), 1028–1038. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.05.014>
- [43] Kowalska-Pyzalska, A., Byrka, K., & Serek, J. (2020). How to foster the adoption of electricity smart meters? A longitudinal field study of residential consumers. *Energies*, 13(18), 4737. <https://doi.org/10.3390/en13184737>
- [44] Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- [45] Mogles, N., Walker, I., Ramallo-González, A. P., Lee, J., Natarajan, S., Padget, J., Gabe-Thomas, E., Lovett, T., Ren, G., Hyniewska, S., O'Neill, E., Hourizi, R., & Coley, D. (2017). How smart do smart meters need to be? *Building and Environment*, 125, 439–450. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.09.008>
- [46] Nair, A. (2006). Meta-analysis of the relationship between quality management practices and firm performance-implications for quality management theory development. *Journal of Operations Management*, 24(6), 948–975. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2005.11.005>

- [47] Nascimento, D. R., Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2022). Association between the benefits and barriers perceived by the users in smart home services implementation. *Kybernetes*, (ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/K-02-2022-0232>
- [48] Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory Third Edition*. In *McGraw-Hili, Inc* (3° ed). McGraw-Hill.
- [49] Otto, A. S., Szymanski, D. M., & Varadarajan, R. (2020). Customer satisfaction and firm performance: insights from over a quarter century of empirical research. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48(3), 543–564. <https://doi.org/10.1007/s11747-019-00657-7>
- [50] Park, C.-K., Kim, H.-J., & Kim, Y.-S. (2014). A study of factors enhancing smart grid consumer engagement. *Energy Policy*, 72, 211–218.
- [51] Peters, D., Axsen, J., & Mallett, A. (2018). The role of environmental framing in socio-political acceptance of smart grid: The case of British Columbia, Canada. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1939–1951. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.020>
- [52] REN21. (2020). *Renewables 2020 Global Status Report*. REN21 Secretariat. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf
- [53] Santini, F. de O., Ladeira, W. J., Pinto, D. C., Herter, M. M., Sampaio, C. H., & Babin, B. J. (2020). Customer engagement in social media: a framework and meta-analysis. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48, 1211–1228. <https://doi.org/10.1007/s11747-020-00731-5>
- [54] Schaffers, H., Ratti, C., & Komninos, N. (2012). Special issue on smart applications for smart cities - New Approaches to Innovation: Guest Editors' Introduction. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 7(3). <https://doi.org/10.4067/S0718-18762012000300005>
- [55] Schmidt, F. L. (2015). History and development of the Schmidt-Hunter meta-analysis methods. *Research Synthesis Methods*, 6(3), 232–239. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1134>
- [56] Van de Kaa, G., Fens, T., Rezaei, J., Kaynak, D., Hatun, Z., & Tsilimeni-Archangelidi, A. (2019). Realizing smart meter connectivity: Analyzing the competing technologies Power line communication, mobile telephony, and radio frequency using the best worst method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103(January 2017), 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.035>
- [57] Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B., & Davis, F.D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- [58] Venkatesh, V., Thong, J.Y.L., & Xu, X. (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- [59] Wemyss, D., Castri, R., Cellina, F., De Luca, V., Lobsiger-Kägi, E., & Carabias, V. (2018). Examining community-level collaborative vs. competitive approaches to enhance household electricity-saving behavior. *Energy Efficiency*, 11, 2057–2075. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9691-z>
- [60] Xu, L., Peng, X., Pavur, R., & Prybutok, V. (2020). Quality management theory development via meta-analysis. *International Journal of Production Economics*, 229, 107759. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107759>
- [61] Yang, B., Liu, S., Gaterell, M., & Wang, Y. (2019). Smart metering and systems for low-energy households: challenges, issues and benefits. *Advances in Building Energy Research*, 13(1), 80–100. <https://doi.org/10.1080/17512549.2017.1354782>

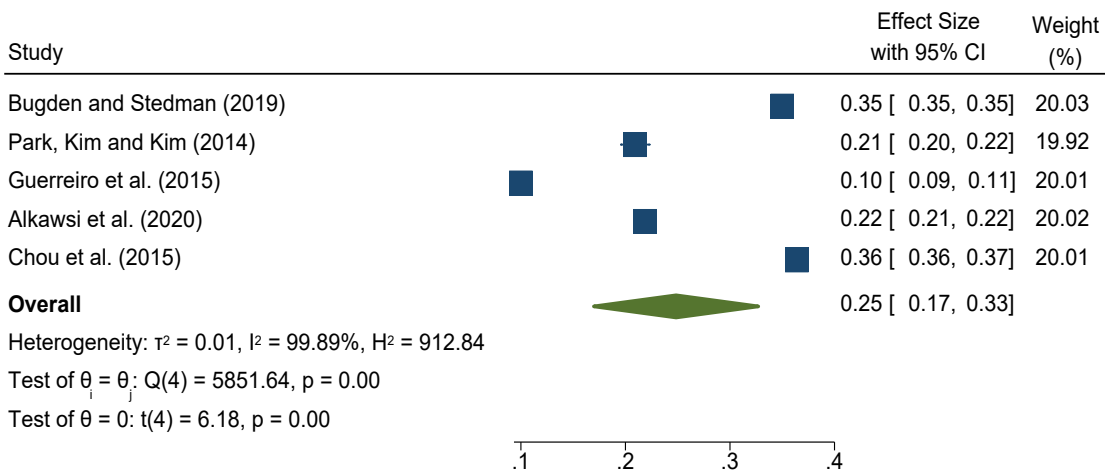
Apêndice A

Gráficos de Floresta das relações testadas na meta análise. Para cada relação, são apresentados os estudos utilizados e os quadrados azuis indicam a magnitude da relação em escala. O valor “overall” indica a média ponderada das relações e o losango em verde é uma representação gráfica da variação das magnitudes ponderadas.



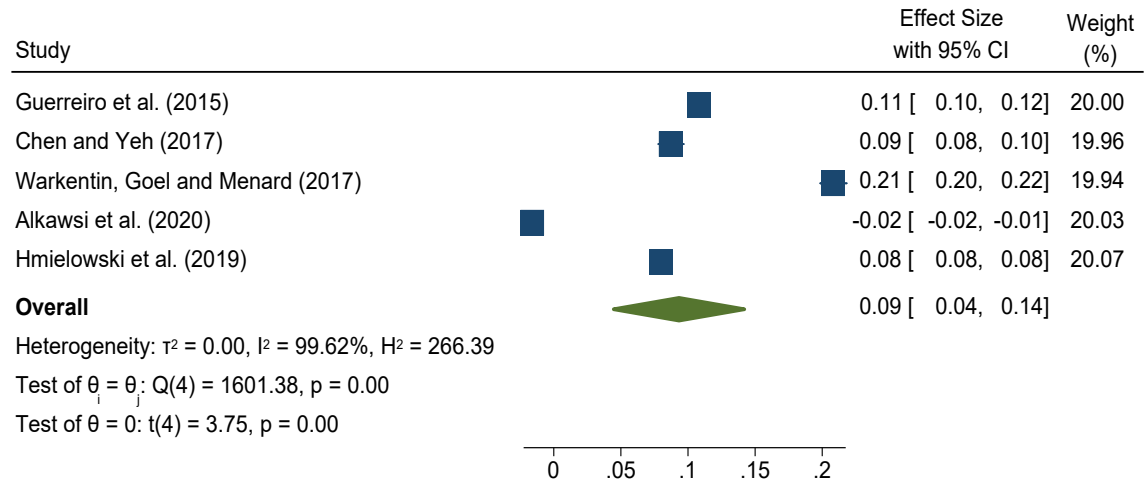
Random-effects Hunter-Schmidt model

Expectativa de Performance > Intenção Comportamental de Uso (PE) > (BI)



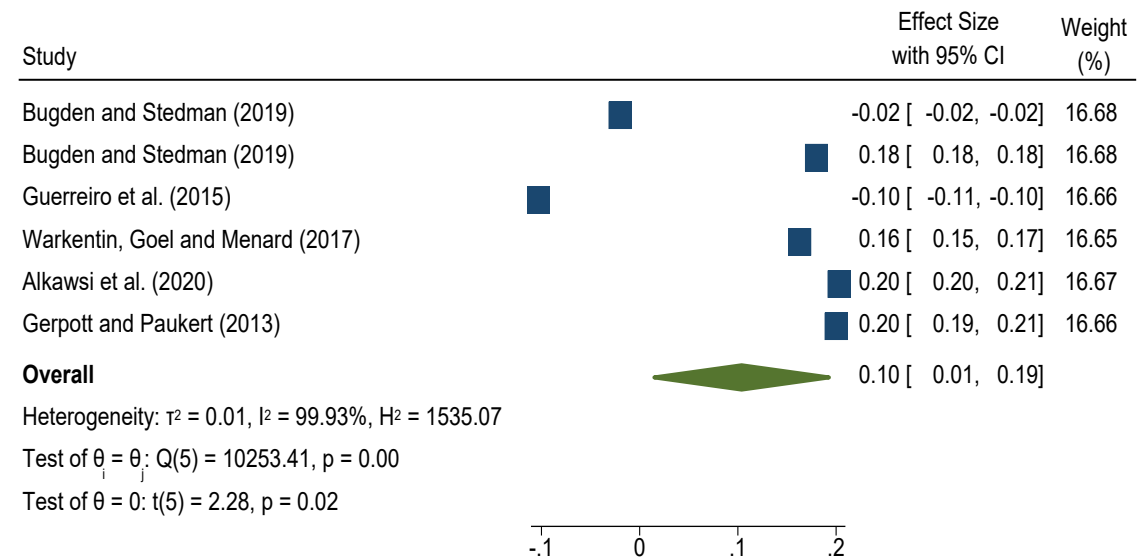
Random-effects Hunter-Schmidt model

Expectativa de Esforço > Intenção Comportamental de Uso (EE) > (BI)



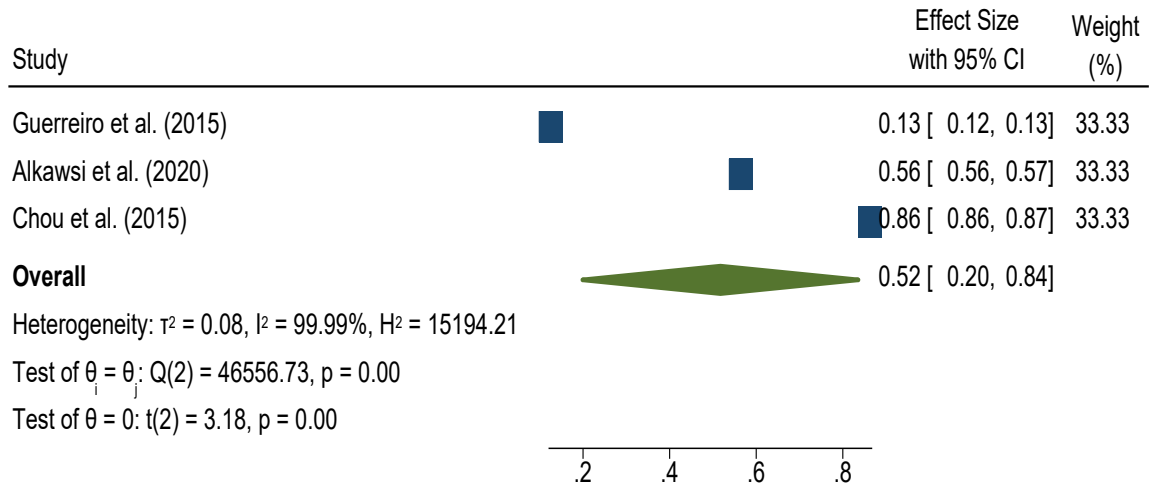
Random-effects Hunter-Schmidt model

Influência Social > Intenção Comportamental de Uso (SI) > (BI)



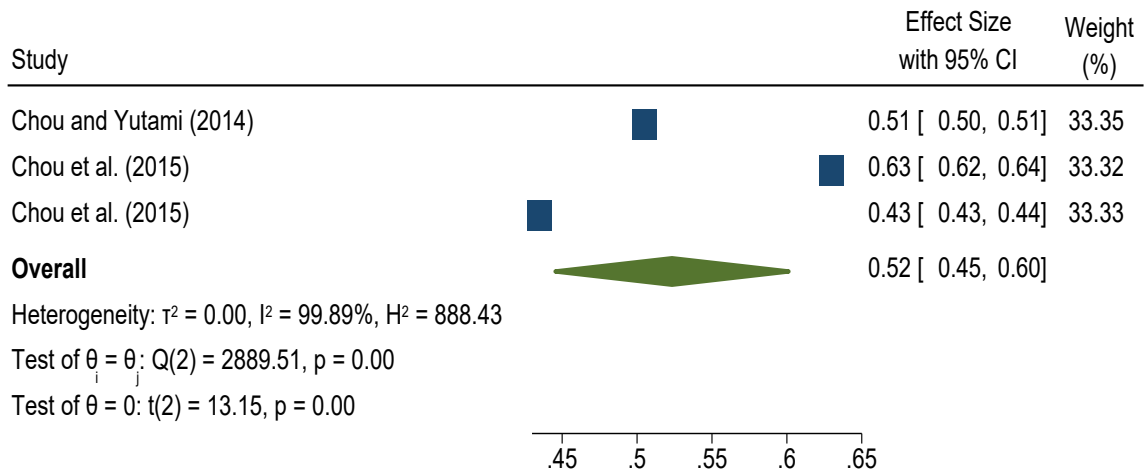
Random-effects Hunter-Schmidt model

Condições Facilitantes > Intenção Comportamental de Uso (FC) > (BI)



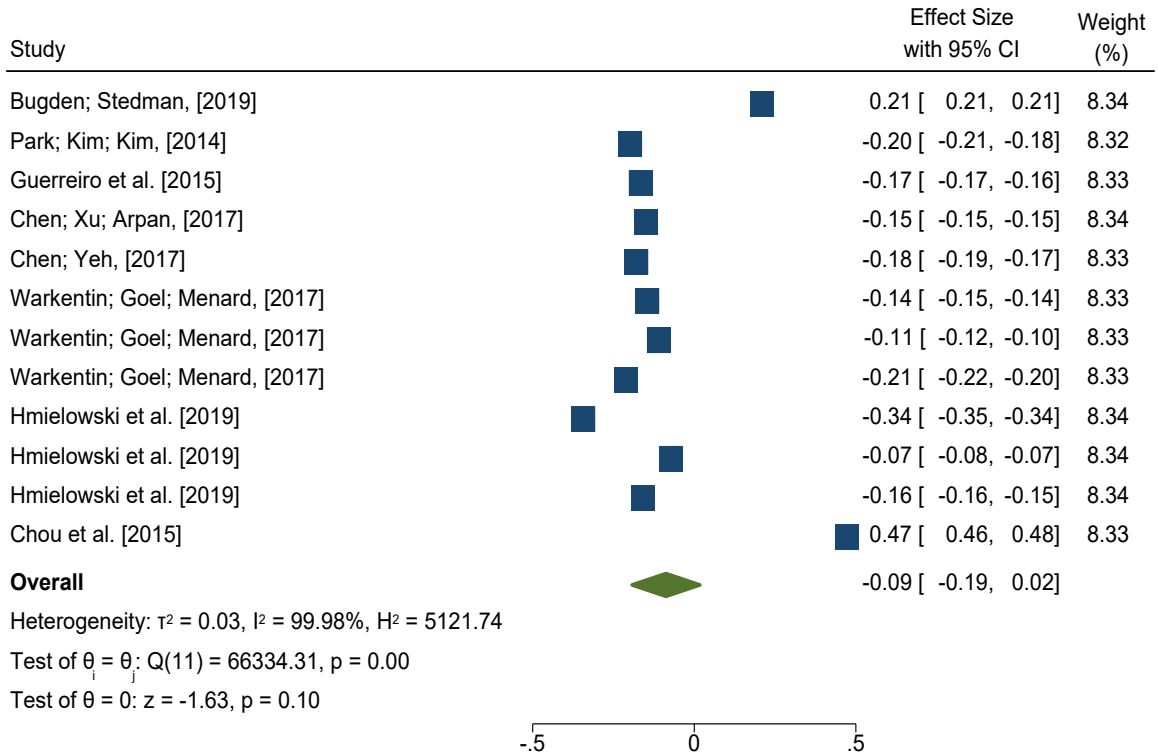
Random-effects Hunter-Schmidt model

Intenção Comportamental de Uso > Comportamento de Uso (BI) > (UB)



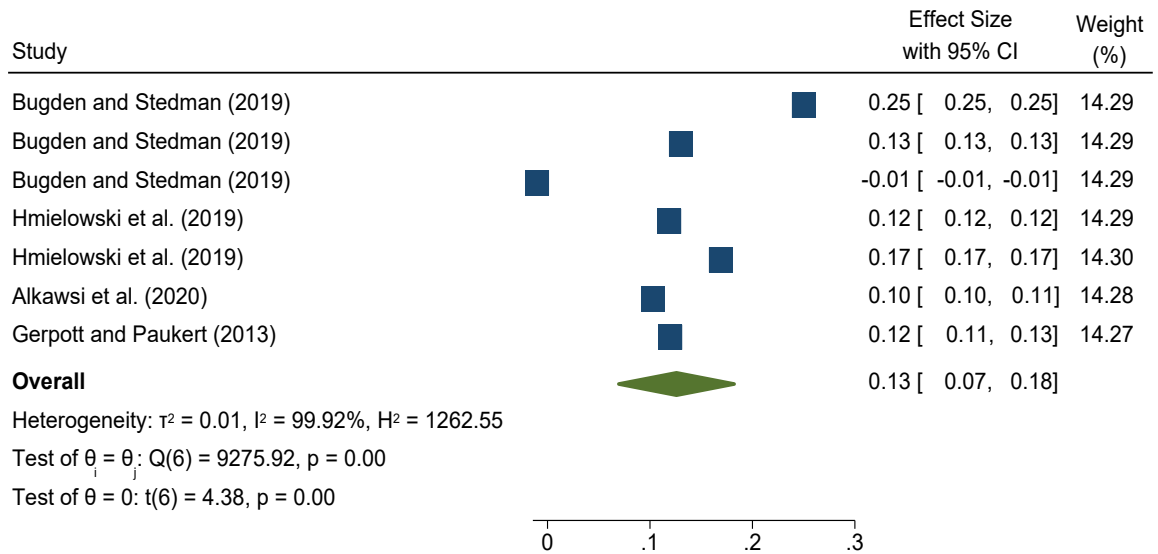
Random-effects Hunter-Schmidt model

Motivação Hedonista > Intenção Comportamental de Uso (HM) > (BI)



Random-effects Hunter-Schmidt model

Valor Preço > Intenção Comportamental de Uso (PV) > (BI)



Random-effects Hunter-Schmidt model

Hábito > Intenção Comportamental de Uso (EH) > (BI)