

Características da adoção de software de código aberto: Um estudo sobre o setor de tecnologia da informação de Minas Gerais

Alternative Title: Adoption of open source software: A study on the information
technology sector in Minas Gerais

Luciana Guimarães Carvalho
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Av. Antônio Carlos 6627 – 31270-901
Belo Horizonte, MG, Brasil
lugcarvalho@ufmg.br

Orlando Abreu Gomes
Fernando Silva Parreiras
Laboratório de Sistemas de Informação
Avançados (LAIS), Universidade FUMEC
Av. Afonso Pena, 3880 – 30130-009
Belo Horizonte, MG, Brasil
{orlando.gomes,
fernando.parreiras}@fumec.br

RESUMO

Apesar da crescente importância estratégica das tecnologias envolvendo software de código aberto (SCA), as empresas enfrentam dificuldades e desafios no desenvolvimento de estratégias para adoção, pois são diversos os fatores que devem ser tratados. O arcabouço TOE-*Technology, Organization and Environment* foi utilizado na elaboração de um modelo para estudar a influência dos fatores considerados pelas empresas de TI de Minas Gerais na adoção de SCA, especificamente na forma de adoção e modelo de negócio. A coleta dos dados foi feita por questionário, aplicado como survey eletrônico junto aos profissionais de empresas de TI em Minas Gerais. A partir dos dados coletados o modelo proposto foi validado com auxílio da modelagem de equações estruturais. O resultado indicou que os três grupos de fatores exercem influência significativa na forma de adoção, sendo que os organizacionais e tecnológicos apresentaram maior efeito. Para os modelos de negócio, somente os fatores ambientais apresentaram influência. O fator tecnológico apontado como maior influenciador foi “Redução de custos de hardware e software com a implantação da tecnologia”. Já entre os fatores organizacionais, o maior influenciador foi “Flexibilidade da atual infraestrutura de TI”. Por fim, entre os fatores ambientais o item que exerce maior influência foi “Relatos de histórias de sucesso do uso da tecnologia”. No cenário das empresas de TI de MG, verificou-se a adoção de SCA para o desenvolvimento de softwares, seja pelo uso de componentes de SCA em produtos de software ou pelo uso de ferramentas de desenvolvimento que são SCA.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2015, May 26th-29th, 2015, Goiânia, Goiás, Brazil
Copyright SBC 2015.

Palavras-Chave

Software de código aberto, Adoção de tecnologia, Arcabouço TOE, Empresa de tecnologia da informação.

ABSTRACT

Although the use of open-source software (OSS) is a reality for information-technology companies, there has been little academic research on the factors impacting the process by which OSS is adopted, the way OSS is adopted, and the business models as employed. The TOE (Technology, Organization and Environment) framework has been used to study the influence of technological, organizational, and environmental factors considered by companies when adopting OSS. In this work, we collected data through online surveys answered by workers in IT companies in the state of Minas Gerais, Brazil. The proposed model for determining the impact of each factor on the adoption of OSS and on the business model practiced by IT companies was evaluated by using structural equations. The results show that three groups of factors impact the way of OSS adoption. Organizational and technological factors are the most relevant, whereas for business models only environmental factors are relevant. The most relevant technological factor identified is “reduced hardware and software costs”; the most relevant organizational factor is “flexibility of IT structure”; and the most relevant environmental factor is “reports of successful use of OSS”. We verified that IT companies in Minas Gerais use OSS in software development, either by incorporating OSS components into their software products or by employing OSS tools for software development.

Categories and Subject Descriptors

K.6 [Management of Computing and Information Systems]: [Software Management]; K.6.3 [Software Management]: [software development, software selection, software maintenance]

General Terms

Management

Keywords

Open source software, Technology adoption, TOE framework, IT companies.

1. INTRODUÇÃO

As empresas se apoiam em tecnologias da informação para executar suas operações visando a eficiência, aumento de produtividade e de competitividade[13]. O movimento do software de código aberto (SCA)¹ mudou a natureza básica da indústria de software[10], alterando a forma de desenvolvimento, aquisição, utilização e comercialização de softwares[2] e as organizações de todos os segmentos foram atingidas de alguma forma.

O SCA começou limitado à infraestrutura e agora é aceito nas camadas mais altas, que são os aplicativos para usuários[12]. O movimento ganha força em resposta à dependência de fornecedor (*lock-in*), muito presente no modelo tradicional de software proprietário (SP)[41], e pela importância em se ter controle e liberdade de escolha[38]. A importância do SCA pode ser evidenciada com o ingresso de grandes empresas como IBM e HP[35], fornecedores comerciais com capacidade financeira para assumir compromissos dos produtos de SCA[16].

O SCA evoluiu para uma alternativa viável perante o software proprietário em vários mercados[12, 42, 17, 7, 24, 32]. Modelos de negócios baseado em SCA são criados expandindo o mercado de software, com isso soluções são disponibilizadas a custos antes inatingíveis para muitas empresas[34], além de diminuir o aprisionamento tecnológico, a dependência de fornecedor e os custos, tornando-se uma potencialidade econômica e uma opção viável e promissora para as empresas. Ellis e Van-Belle[9] complementam afirmando que o SCA aumenta as oportunidades de inovação e criação de empresas. Raymond[26] diz que o uso do SCA é viável fonte de negócio como, por exemplo: base para produção de um produto proprietário; consultoria técnica para implantação e manutenção e em uso embarcado (dispositivos de hardware).

O SCA impulsionou as empresas desenvolvedoras de software a mudarem o modelo de negócios, antes baseado em venda de licenças, para o modelo de prestação de serviços[10, 30]. A fim de se adequarem à realidade atual, as empresas de tecnologia da informação (TI) estão se concentrando em estratégias de gestão que combinam o melhor do SCA com softwares proprietários[18, 8, 34], buscando equilíbrio entre a proposição de rentabilidade com SCA sem infringir os valores da comunidade de código aberto[10].

Com a contínua difusão de TI, a capacidade da tecnologia proprietária como uma fonte de vantagem competitiva - sustentada ou temporária - continua a se deteriorar[20]. Muitas empresas ainda veem a tecnologia como um diferencial em suas operações[32], talvez por isso pouco se saiba sobre a extensão da adoção do SCA e os principais fatores considerados para a decisão de adoção.

¹No âmbito deste artigo, o termo Software de Código Aberto (SCA) representa também software livre (SL) e software livre e de código aberto (SLCA), exceto quando houver detalhamento de alguma especificidade.

Este artigo está estruturado em cinco seções. A seção 1, que é a presente introdução. Na seção 2, uma breve consideração sobre software de código aberto e sua adoção. Em seguida, na seção 3, está a metodologia utilizada na pesquisa. Na seção 4, estão os resultados. Encerrando, na seção 5, com as considerações finais.

2. SOFTWARE DE CÓDIGO ABERTO

O SCA existe desde o início da informática. Dos anos 1960 a meados de 1970 o código fonte dos softwares era compartilhado, sem valor comercial, sendo o o foco do mercado nessa época. A partir da segunda metade de 1970, começou a comercialização de licenças de software e, conseqüentemente, o “fechamento” do código fonte[33]. O software proprietário é aquele tratado comercialmente como um bem de propriedade intelectual, protegido por *copyright* e licenças. Outra característica marcante do software proprietário é que seu código fonte² não é disponibilizado ou acessível ao usuário. Já no software de código aberto, o código fonte é aberto e distribuído, permitindo aos usuários estudá-lo e modificá-lo para atender as necessidades individuais[28].

Para West[37], o movimento do software de código aberto teve sucesso por três fatores principais: necessidade dos usuários por um sistema operacional similar ao Unix porém livre das restrições impostas pela licença da AT&T³; rejeição por parte do movimento filosófico à ideia de dono e propriedade do software; e, por último, o surgimento da internet facilitando a comunicação e o compartilhamento de informações.

Os desenvolvedores de software foram beneficiados com SCA com a oportunidade de elaborar um projeto usando elementos de softwares existentes, disponibilizados pela comunidade. A reutilização de código aberto pode acontecer em algumas linhas de código, um método, uma classe, uma biblioteca, um componente, uma ferramenta ou um sistema completo. O desenvolvimento com SCA cria novos desafios e oportunidades para novos produtos e processos. Pesquisadores preveem que em 2016 cerca de 95% de todos os pacotes de software comerciais incluirão SCA[11].

Para Holck[16], SCA se tornou uma importante alternativa perante ao SP quando as organizações decidem sobre aquisição de software. Os benefícios da adoção e uso de SCA para os países em desenvolvimento não se limitam à redução de custos (software e hardware), mas também os auxilia no alcance dos objetivos de desenvolvimento tecnológico[21, 5]. Funcionando, como um duto de transferência de tecnologia e conhecimento dos países mais ricos (onde se concentram a maior parte dos colaboradores e empresas contribuintes do SCA) aos países menos desenvolvidos[22, 34].

Em pesquisa realizada na União Europeia por Wichmann [39], investigou-se a utilização do SCA pelas empresas, agrupando os diversos softwares em quatro áreas de uso: sistema operacional de servidores, banco de dados, SCA em *desktops* e SCA envolvido na criação ou operacionalização de *sites*. O resultado encontrado para sistema operacional de servidores foi que 56% das empresas pesquisadas usam SCA ou pretendem usar, e os fatores mais importantes foram: maior estabilidade e melhor controle de acesso. Quanto ao banco de dados, 42% das empresas usam ou planejam usar

²Código fonte são os arquivos que contêm as instruções para o computador executar determinada função.

³AT&T desenvolveu o Unix na década de 1970.

banco de dados SCA e os fatores considerados mais importantes foram: maior estabilidade e melhor controle de acesso. Apenas 20% das empresas usam ou pretendem usar algum SCA no *desktop* e os fatores mais importantes foram: maior estabilidade e menor custo com licença. 39% das empresas que participaram da pesquisa revelaram que usam ou pretendem usar SCA para criação ou operacionalização de *sites*, e os fatores considerados mais importantes para adoção foram: maior estabilidade e melhor preço em relação ao desempenho.

Já na pesquisa realizada na indústria de software norueguesa para investigar a adoção de software livre[15], os resultados apoiaram a transformação prevista por[10], que SCA se transformaria em uma forma mais popular e comercialmente viável. Cerca de 50% usam componentes de SCA integrados em soluções verticais que servem a diversos setores empresariais. Além disso, mais de 30% dos 95 entrevistados têm mais de 40% de sua renda relacionados serviços ou software baseados em SCA.

Aqui no Brasil, no levantamento realizado pela SOFTEX [30], as principais motivações para adoção de SCA identificadas pelos usuários foram a redução de custos e o desenvolvimento de novas habilidades. Com menor frequência, surgiram fatores como facilidade das ferramentas e razões ideológicas. Também foi verificada uma convergência sobre a intensidade do uso de SCA em alguns setores econômicos caracterizando três tipos principais de mercados: a) TI (sistemas operacionais, infraestrutura, *middleware* e aplicativos); b) Governo, provocada por razões filosóficas e de suposta redução de custos, incluindo principalmente sistemas operacionais mas também infraestrutura, *middleware* e aplicativos; c) Serviços, com forte presença de sistemas operacionais, secundariamente outros itens de infraestrutura, e pouca presença de aplicativos para usuário.

3. METODOLOGIA

Num primeiro momento desta pesquisa foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL) sobre o tema adoção de software de código aberto por empresas[6]. Juntamente com a análise dos fatores que são considerados no processo de adoção, verificou-se a aplicação de modelos de adoção de tecnologia. A RSL revelou que o modelo de aceitação de tecnologia que representa uma avaliação da empresa perante a decisão de adoção de SCA é o arcabouço *TOE-Technology, Organization e Environment* desenvolvido por Tornatzky[36], que agrupa os diversos fatores envolvidos em três contextos: Tecnologia, Organização e Ambiente. Durante a análise dos processos de adoção relatados nas publicações viu-se a necessidade de analisar além dos fatores considerados pelas empresas, também os modelos de negócio e as formas de adoção.

O modelo proposto, figura 1, teve como objetivo apontar a influência de cada grupo de fatores sobre as formas de adoção de SCA e modelos de negócio envolvendo SCA nas empresas de TI de Minas Gerais.

Após a proposição do modelo, iniciou-se a confecção do questionário para a coleta de dados, que foi construído a partir de trabalhos já realizados sobre software de código aberto[14, 1, 27] e pesquisas que utilizaram o arcabouço TOE[3, 40, 4, 25]. Em cada questão foi apresentado uma afirmação e solicitado ao respondente que desse sua resposta usando uma escala de classificação, no caso escala *likert* de cinco pontos. Com objetivo de atingir todas as empresas de

TI em Minas Gerais, o questionário foi implementado no formato de *survey* eletrônica e disponibilizado na internet. O software de código aberto selecionado para implementação da *survey* foi *LimeSurvey*.

O estado de Minas Gerais é o segundo estado brasileiro com mais empresas de TI, com representatividade de 10,6% [31], ficando atrás do estado de São Paulo. A população selecionada para participar da pesquisa foram as empresas prestadoras de serviços de tecnologia da informação em atividade no estado de Minas Gerais e foram relacionadas a partir do Atlas Tecnológico de Minas Gerais 2013/2014 e dos associados da FUMSOFT. Não fizeram parte da população desta pesquisa por não terem envolvimento com produtos de software, as empresas com atividade de manutenção de computadores, equipamentos periféricos, equipamentos de comunicação ou de impressão.

No atlas tecnológico, estavam cadastradas 913 empresas. Na lista de associados da FUMSOFT, encontramos 86 empresas que não estavam presentes no atlas tecnológico, que foram incluídas na amostra. 129 empresas não foram convidadas para participar da pesquisa por estarem fora do escopo da pesquisa. 118 empresas estavam com site indisponível ou não foi localizado, impossibilitando o envio de convite. Houve ainda 5 empresas que, apesar de terem sites, os mesmos não continham forma de contato por email ou fale conosco, o que impossibilitou o envio do convite. Por fim, enviou-se convite de participação na pesquisa para 747 empresas.

Os dados foram analisados estatisticamente até chegar na modelagem de equações estruturais, passando pela análise fatorial exploratória, análise fatorial confirmatória, validade convergente e discriminante, mensuração de confiabilidade dos construtos através do Alfa de *Cronbach* e *Dillon-Goldstein's* e modelo de mensuração. Toda análise estatística dos dados foi realizada com o software R, versão 3.0.2. Para Modelagem de Equações Estruturais via método PLS, foi utilizado função *plspm()* do pacote *plspm* também do software R.

4. RESULTADOS

O questionário foi encerrado com um total de 126 respostas válidas, obtendo taxa de resposta de 16,9%. Na avaliação das formas de adoção, 5 empresas afirmaram estar envolvidas com “Provedor” (FA-1); 20 com “Comunidade” (FA-2), 35 com “Metodologia” (FA-3); 50 com “Componentes” (FA-4); 48 com “Desenvolvimento” (FA-5) e 35 com “Usuário” (FA-6).

Vale a pena ressaltar que o objetivo da pesquisa não foi quantificar o número de empresas de TI de MG que estão envolvidas com SCA, mas sim apresentar as características da adoção de SCA – fatores influenciadores, formas de adoção e modelos de negócio praticados – *dentre* as empresas de TI que estão envolvidas com SCA em Minas Gerais.

O envolvimento da empresa com SCA foi questionado em dois momentos usando escalas distintas. Uma pergunta usou escala *Likert* de 5 pontos para saber o quanto a empresa estava envolvida em cada uma das formas de adoção de SCA, variando de nenhum a muito alto. No início de cada bloco, havia uma pergunta usando escala nominal (sim ou não) que confirmava a participação da empresa em cada uma das formas de adoção.

Considerando as perguntas com escala nominal, a forma de adoção que apresentou maior percentual de empresas

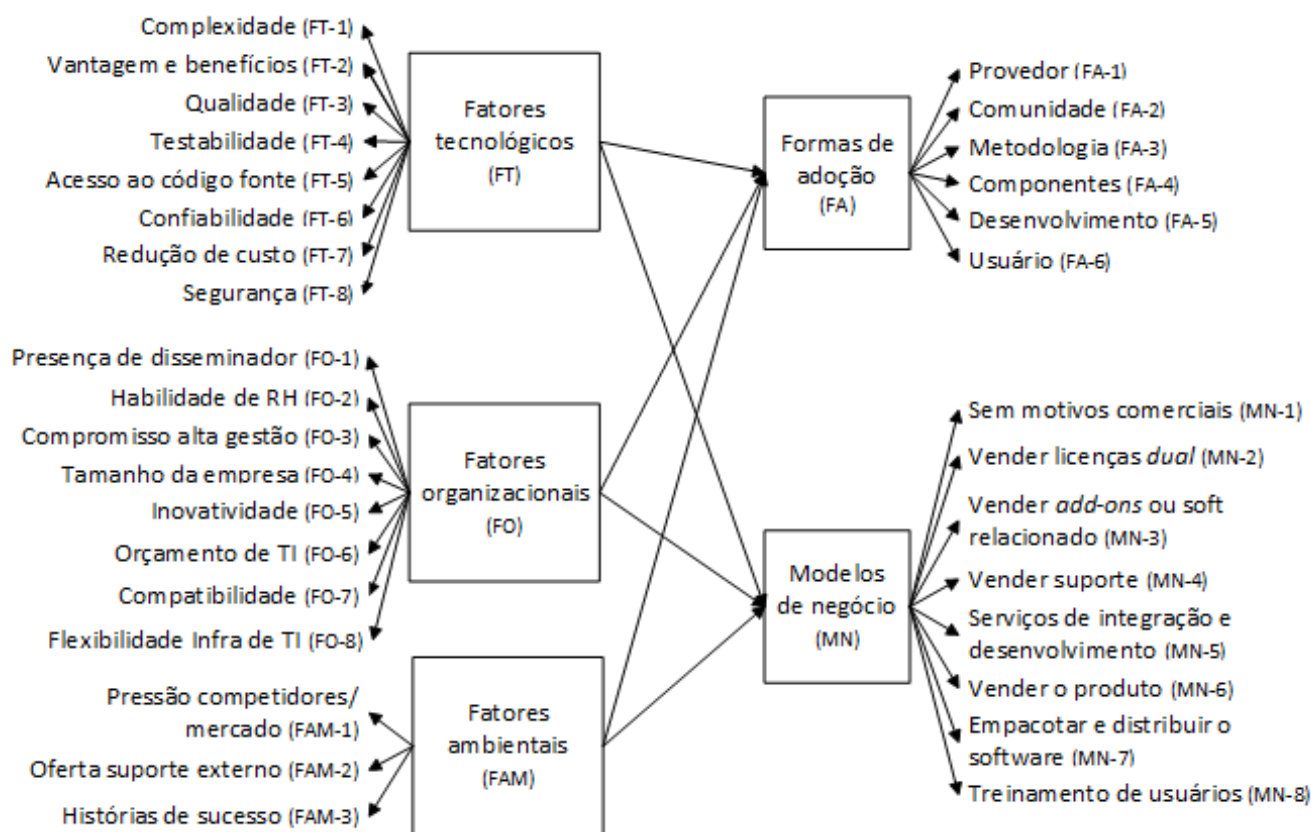


Figura 1: Modelo proposto para medir a influência que cada grupo de fatores tem sobre as formas de adoção de SCA e sobre os modelos de negócio envolvendo SCA.

foi “Componentes” (FA-4), que representa o uso de componentes SCA em produtos de software. A forma de adoção “Desenvolvimento” (FA-5) também apresentou porcentagem significativa das empresas respondentes indicando o uso de SCA como ferramenta de desenvolvimento de produtos de software. “Provedor” (FA-1) foi a forma que apresentou menor percentual de empresas. A tabela 1 apresenta a frequência para as formas de adoção.

Tabela 1: Frequência para as formas de adoção.

Formas de adoção (N=126)		N	%
Provedor (FA-1)	Não	121	96,0%
	Sim	5	4,0%
Comunidade (FA-2)	Não	106	84,1%
	Sim	20	15,9%
Metodologia (FA-3)	Não	91	72,2%
	Sim	35	27,8%
Componentes (FA-4)	Não	76	60,3%
	Sim	50	39,7%
Desenvolvimento (FA-5)	Não	78	61,9%
	Sim	48	38,1%
Usuário (FA-6)	Não	91	72,2%
	Sim	35	27,8%

Com o objetivo de descrever de forma mais clara as respostas relativas aos itens dos construtos, foi realizada uma

padronização das escalas no intervalo de 0 a 100. Sendo assim, 0 representa o menor valor da escala referente à resposta (“Nenhum” ou “Nunca”, dependendo da escala) e 100 o maior valor (“Muito alto” ou “Sempre”, dependendo da escala). Essa padronização visa facilitar a interpretação, resumindo a informação do percentual por categoria em uma média simples.

A análise descritiva das variáveis dos construtos foi feita com base na média, desvio padrão (DP) e intervalo de confiança (IC). Também são apresentadas as frequências relativas de cada categoria da escala *Likert*.

Na tabela 2, pode-se verificar a média, desvio padrão e intervalo de 95% de confiança para cada item do construto “Formas de Adoção”. Portanto, pode-se destacar que a menor média (20,6) para as formas de adoção foi para o item FA-1 (Provedor), enquanto que a maior (57,5) foi para o item FA-5 (Desenvolvimento). Destaca-se que quando o grau de envolvimento é considerado, a ordenação entre as formas de adoção é alterada, passando a ter maior destaque o item FA-5 (Desenvolvimento), em detrimento da forma de adoção FA-4 (Componentes) apresentada na tabela 1, onde a escala é nominal (sim/não).

Na tabela 3, pode-se verificar a média, desvio padrão e intervalo de 95% de confiança para cada item do construto “Modelos de Negócio”. Pode-se destacar que a menor média (20,1) foi para o item MN-2 (“Vender também licenças proprietárias”), enquanto que a maior (42,9) foi para o item MN-1 (“Sem motivos comerciais”). A alta média para MN-1

Tabela 2: Medidas descritivas para o construto forma de adoção.

Formas de Adoção	Média	DP	IC - 95%
FA-1	20,6	29,8	[15,5; 25,8]
FA-2	30,8	31,6	[25,6; 36,7]
FA-3	41,9	34,0	[35,5; 47,2]
FA-4	52,0	33,1	[45,8; 57,5]
FA-5	57,5	34,8	[51,6; 63,3]
FA-6	54,2	32,5	[49,0; 60,1]

(“Sem motivos comerciais”) indica que as empresas nem sempre vislumbram oportunidade de negócio usando SCA. Considerando modelos com finalidade comercial, a maior média é do modelo de negócio “Ofertar serviços de integração e desenvolvimento” (MN-5).

Tabela 3: Medidas descritivas para o construto modelo de negócio.

Modelos de Negócio	Média	DP	IC - 95%
MN-1	42,9	34,4	[38,1; 48,0]
MN-2	20,1	26,5	[16,4; 24,1]
MN-3	26,9	30,3	[22,7; 31,2]
MN-4	30,3	32,7	[25,3; 35,3]
MN-5	41,7	34,4	[37,0; 46,5]
MN-6	37,4	36,0	[32,2; 42,8]
MN-7	29,0	33,5	[24,5; 33,6]
MN-8	32,4	32,1	[27,7; 36,9]

Considerando a média, desvio padrão e intervalo de 95% de confiança para cada item dos construtos “Fatores Ambientais”, “Fatores Organizacionais” e “Fatores Tecnológicos”, temos que: a) Nos fatores ambientais, a menor média (56,3) foi do item “Pressão exercida pelo mercado e pelos competidores” (FAM-1), enquanto que a maior (77,3) foi para o item “Relatos de histórias de sucesso do uso da tecnologia” (FAM-3); b) Nos fatores organizacionais, a menor média (59,2) foi do item “Compromisso e apoio da alta gestão para adoção da tecnologia” (FO-3), enquanto que a maior (80,2) foi para o item “Flexibilidade da atual infraestrutura de TI” (FO-8); e c) Nos fatores tecnológicos a menor média (59,1) foi do item “Vantagem relativa e benefícios percebidos quando comparado com a tecnologia anterior” (FT-2), enquanto que a maior (78,2) foi para o item “Redução de custo de hardware e software com a implantação da tecnologia” (FT-7).

4.1 Análise descritiva por forma de adoção

Provedor de software de código aberto: Empresas que mantém comunidade de SCA dando suporte financeiro, tecnológico ou intelectual. Essa forma de adoção será designada neste artigo também como “Provedor” e FA-1.

O fator tecnológico que exerce maior influência nessa forma de adoção é o “Segurança oferecida pela tecnologia” (FT-8), com média 90,0. Porém, vale ressaltar que praticamente não houve distinção de grau de influência entre os fatores tecnológicos para essa forma de adoção, visto que a maior média foi 90,0 e a menor 75,0. Já entre os fatores organizacionais, o “Tamanho da empresa” (FO-4) foi o que apresentou maior média (95,0). Dentre os fatores ambientais, o item “Relatos de histórias de sucesso” obteve maior média (90,0). “Compromisso e apoio da alta gestão” (FO-3) foi o fator que teve a menor média (40,0) entre todos os fatores, indicando sua

baixa influência no processo de adoção de SCA para empresas provedoras de SCA.

O modelo de negócio indicado como mais praticado pelas empresas provedoras de SCA foi “Vender o produto”, com média 70,0; em seguida, empatados com média de 55,0, estão os modelos de negócio “Vender suporte” (MN-4) e “Desenvolver e vender *add-ons* ou software relacionado” (MN-3) e “Treinamento de usuários” (MN-8). O modelo de negócio “Vender também licenças proprietárias” (MN-2) foi indicado como o menos frequente, obtendo média 25,0.

Participante de comunidade de software de código aberto: Empresas cujo funcionários acompanham e participam nos fóruns de discussão, postagem de relatórios de testes e defeitos, compartilhamento de código e outras atividades junto à comunidade de desenvolvimento.

Com a análise dos resultados para a forma de adoção “Participante de comunidade de software de código aberto” (FA-2), o fator tecnológico “Redução de custo de hardware e software” (FT-7) obteve maior média (85,0) entre todos os fatores. Considerando-se os fatores organizacionais, o fator com maior média foi “Presença de disseminador na equipe” (FO-1). Já entre os fatores ambientais, “Relatos de histórias de sucesso do uso da tecnologia” obteve a maior média (76,25).

O modelo de negócio mais praticado pelas empresas que são participantes de comunidades de desenvolvimento de software (FA-2) é “Ofertar serviços de integração e desenvolvimento” (MN-5), desconsiderando MN-1 (“Sem motivos comerciais”). Esse modelo de negócio vai de encontro com as atividades levantadas como mais frequentes: “Participação em listas de e-mails e fóruns”, “Desenvolvimento” e “Suporte técnico”.

Usuário de procedimentos/metodologia comuns ao desenvolvimento de software de código aberto: A utilização de práticas, procedimentos ou metodologia que são comuns ou originárias do desenvolvimento do software de código aberto é a característica das empresas que praticam essa forma de adoção. Neste trabalho, é também designada como “Metodologia” ou FA-3.

Com a análise dos fatores para essa forma de adoção, identificamos que os fatores “Testabilidade oferecida pela tecnologia” (FT-4) e “Flexibilidade da atual infraestrutura de TI” (FO-8) estão empatados como os mais influentes para essa forma de adoção. Considerando os fatores ambientais, “Relatos de histórias de sucesso” (FAM-3) é o fator que exerce maior influência.

Os modelos de negócio mais praticados pelas empresas que são usuárias de procedimentos/metodologia comuns ao desenvolvimento de SCA apontados pela pesquisa foram “Ofertar serviços de integração e desenvolvimento” (MN-5) e “Treinamento de usuários” (MN-8), com média 44,30.

Usuário de componentes de software de código aberto: Empresas que prestam serviços de integração, customização ou desenvolvimento de produto de software com uso de componentes com o código aberto ou software livre. Aqui designada também como “Componentes” e FA-4.

Verificou-se que o fator tecnológico mais influente foi “Redução de custo de hardware e software” (FT-7), com média 76,10, seguido da média 75,50 pelos fatores “Testabilidade oferecida pela tecnologia” (FT-4) e “Segurança oferecida pela tecnologia” (FT-8). Entre os fatores organizacionais, obteve-se o “Flexibilidade da atual infraestrutura de TI” (FO-8) como mais influente, com média 80,85. Para fator ambi-

ental, o mais influente também foi “Relatos de histórias de sucesso do uso da tecnologia”(FAM-3,) com média 79,79.

Hauge[14] ao pesquisar motivações para integração de componentes SCA, também identificou fatores equivalentes aos encontrados como os mais influentes, sendo eles: aquisição sem custo, disponibilidade de componentes para testar e usar, acesso ao código fonte e possibilidade de alteração.

O modelo de negócio com maior média (47,90) foi “Ofertar serviços de integração e desenvolvimento” (MN-5), seguido por “Vender o produto” (MN-6), com média 46,80. A média para as empresas que usam componentes de SCA e não vêem motivação comercial foi 41,00.

Usuário de software de código aberto para desenvolvimento de software: Empresas que utilizam ferramentas de software de código aberto ou software livre durante o processo de desenvolvimento de software. Aqui também designada por “Desenvolvimento” e por FA-5.

O fator que exerce maior influência no processo de adoção para os “Usuários de SCA para desenvolvimento de software” é o fator tecnológico “Redução de custos de hardware e software com a implantação da tecnologia” (FT-7). Os fatores organizacionais “Presença de disseminador na equipe” (FO-1) e “Flexibilidade da atual infraestrutura de TI” (FO-8) obtiveram a mesma média de 78,89. Já “Relatos de histórias de sucesso do uso da tecnologia” foi o fator ambiental com grande diferença para os outros fatores dessa categoria.

Considerando apenas os modelos de negócio com finalidade comercial, nessa forma de adoção as empresas sinalizaram maior frequência para “Ofertar serviços de integração e desenvolvimento” (MN-5) e “Vender o produto” (MN-6), que obtiveram média 38,90.

Usuário de software de código aberto: Empresas usuárias de SCA para execução de atividades operacionais ou administrativas externas ao processo de desenvolvimento de software. Essa forma de adoção é também designada por “Usuário” e FA-6.

De acordo com a pesquisa realizada, as empresas que são usuárias de SCA consideraram o fator organizacional “Orçamento insuficiente de TI” (FO-6) como o mais influente no processo de adoção de SCA, fator esse que obteve média 81,43. Considerando os fatores tecnológicos, o mais influente foi o “Redução de custo de hardware e software com a implantação da tecnologia” (FT-7). Já entre os fatores ambientais, o fator “Relatos de histórias de sucesso do uso da tecnologia” (FAM-3) foi, assim como nas outras formas de adoção, o mais influente.

Com a análise dos modelos de negócio para a forma de adoção “Usuário de software de código aberto” (FA-6), verificou-se que normalmente não têm intenção comercial, e a motivação comercial que se destaca é “Treinamento de usuários” (MN-8), com média 30,0. O modelo de negócio “Ofertar serviços de integração e desenvolvimento” (MN-5) apresentou média de 27,9, ficando essa forma de adoção como segunda opção comercial.

4.2 Modelagem de equações estruturais

O objetivo do modelo estrutural é apresentar como se dão as relações entre os conceitos objeto do estudo. A modelagem de equações estruturais é uma metodologia estatística que permite o estudo de fenômenos complexos, que envolve muitos fatores, possibilitando ao pesquisador examinar simultaneamente as relações entre esses fatores[29].

O modelo de mensuração e modelo de regressão foi reali-

zado utilizando o método PLS (*Partial Least Square*). Modelos de Equações Estruturais (SEM) são muito populares em muitas disciplinas, sendo a abordagem PLS para uma alternativa a abordagem tradicional baseada na covariância. A abordagem PLS tem sido referida como uma técnica de modelagem suave com o mínimo de demanda, ao se considerar: as escalas de medidas, o tamanho amostral e distribuições residuais[23].

Para verificar a qualidade do ajuste foi utilizado o R^2 e o GoF. O R^2 (correlação múltipla quadrática) representa em uma escala de 0% a 100% o quanto os construtos independentes explicam os dependentes. Já o GoF (*Goodness-of-Fit*) é uma média geométrica da média das variâncias médias extraídas dos construtos com a média dos R^2 do modelo, um índice de adequação que “indica até que ponto o modelo especificado reproduz os dados observados ou da amostra”[19]. O modelo ajustado apresentou um GoF de 30,2% e está representado na tabela 4.

O modelo estrutural apresentado na figura 2 apresenta a relação de influência dos fatores tecnológicos, organizacionais e ambientais tanto nas formas de adoção quanto nos modelos de negócio praticados, indicando o valor do coeficiente β . O coeficiente β é calculado pela equação estrutural e a partir dele determina-se a relação que existe entre os indicadores (construtos). Percebe-se que os fatores tecnológicos e organizacionais exercem maior influência nas formas de adoção quando comparado a influência exercida pelos fatores ambientais. Analisando as influências em Modelos de negócio, verifica-se que apenas os fatores ambientais exercem influência significativa.

Tabela 4: Resultado Modelo Estrutural.

Dependentes	Independentes	β	p-valor	R^2
Formas de adoção	Fat.ambientais	0,163	0,019	26,9%
	Fat.organizacionais	0,240	0,004	
Modelos Negócio	Fat.tecnológicos	0,239	0,006	6,5%
	Fat.ambientais	0,240	0,002	
	Fat.organizacionais	0,088	0,347	
	Fat.tecnológicos	-0,047	0,628	

A figura 2 é a representação do modelo completo, construtos e suas as variáveis. As linhas tracejadas representam relações sem influência significativa entre os construtos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo apresentar as características da utilização de software de código aberto pelas empresas de TI de Minas Gerais. Moolman[24] destaca que com a caracterização dos fatores que influenciam a decisão de adoção de software de código aberto, os fornecedores e consultores podem dar melhor assistência às organizações no processo de adoção, transição e posteriormente na manutenção.

Segundo as empresas pesquisadas, os fatores tecnológicos e organizacionais exercem maior influência nas formas de adoção de SCA, conforme apresentado no resultado do modelo estrutural (figura 2). Os fatores ambientais exercem menor influência; porém, também devem ser considerados. O fator tecnológico apontado como maior influenciador no processo de adoção foi “Redução de custo de hardware e software com a implantação da tecnologia”; já entre os fatores organizacionais foi “Flexibilidade da atual infraestrutura de TI”, enquanto que entre os fatores ambientais o item que

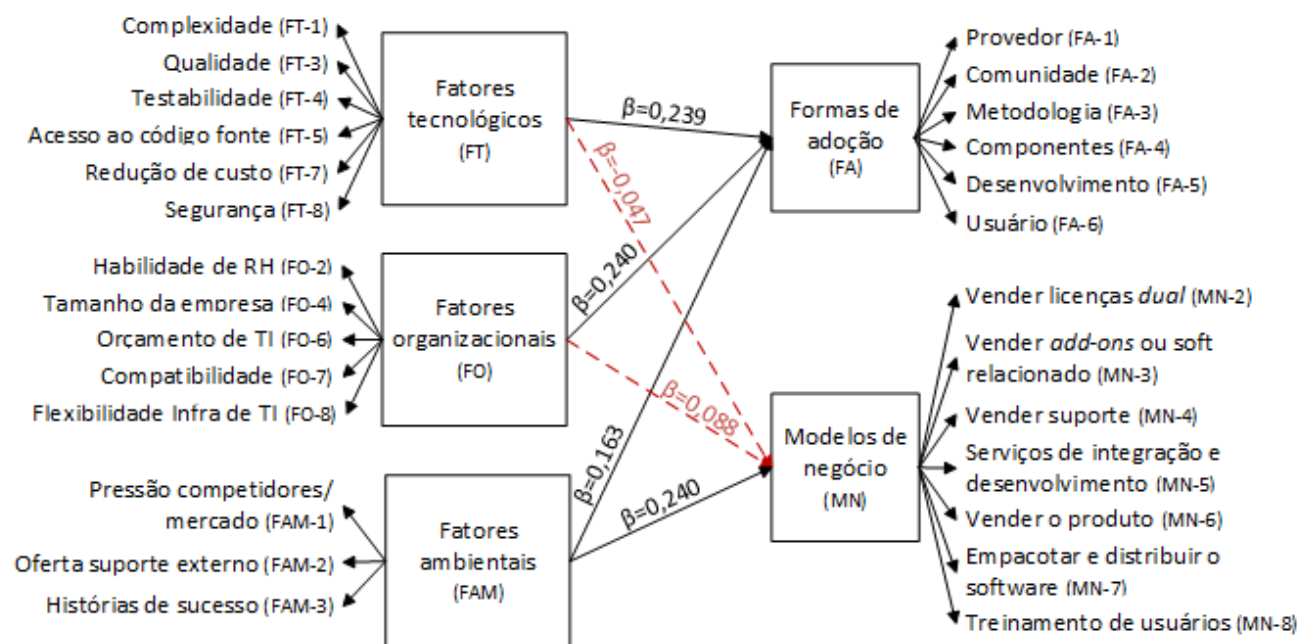


Figura 2: Representação do modelo estrutural com os construtos e suas variáveis.

exerce maior influência é “Relatos de histórias de sucesso do uso da tecnologia”. É interessante notar que há diferença entre as médias dos itens que compõem os fatores tecnológicos, organizacionais e ambientais quando comparados em diferentes formas de adoção.

Os fatores ambientais são os que mais exercem influência nos modelos de negócio praticados. Já os fatores tecnológicos e organizacionais não apresentaram influência significativa sobre modelos de negócio, conforme apresentado no resultado do modelo estrutural (figura 2). O modelo de negócio se mostrou flexível de acordo com a forma de adoção de SCA, indicando que as empresas têm tratado SCA como oportunidade de negócio. Desconsiderando aquelas empresas que não praticam nenhum negócio com produtos ou serviços que envolva SCA, a “Oferta de serviços de integração e desenvolvimento” é o negócio mais praticado entre as empresas de TI de MG que usam SCA, seguido pela “Venda de produto”. Com objetivo de detalhar o contexto para os modelos de negócios praticados pelas empresas de TI, foi feita uma análise por forma de adoção. Nessa análise, percebe-se que existe uma alternância entre os modelos de negócio praticados, indicando que a prática dos modelos de negócio depende da forma de adoção.

Ainda de acordo com o resultado da pesquisa, pode-se dizer que as empresas de TI de MG usam SCA para o desenvolvimento de softwares, seja pelo uso de componentes em seus produtos de software, seja pelo uso de ferramentas de desenvolvimento que são SCA.

6. REFERÊNCIAS

- [1] S. A. Ajila and D. Wu. Empirical study of the effects of open source adoption on software development economics. *Journal of Systems and Software*, 80(9):1517–1529, 2007.
- [2] C. Ayala, D. S. Cruzes, O. y. Hauge, and R. Conradi. Five Facts on the Adoption of Open Source Software.

Software, 28(2):95–99, 2011.

- [3] E. W. Bernroider and P. Schmöllerl. A technological, organisational, and environmental analysis of decision making methodologies and satisfaction in the context of IT induced business transformations. *European Journal of Operational Research*, 224(1):141–153, Jan. 2013.
- [4] M. Bosch-Rekveltdt, Y. Jongkind, H. Mooi, H. Bakker, and A. Verbraeck. Grasping project complexity in large engineering projects: The TOE (Technical, Organizational and Environmental) framework. *International Journal of Project Management*, 29(6):728–739, Aug. 2011.
- [5] G. Camara and F. Fonseca. Information policies and open source software in developing countries. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(1):121–132, 2007.
- [6] L. G. Carvalho and F. S. Parreiras. Adoção de software de código aberto: uma revisão sistemática da literatura. In *X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 518–529, Londrina, 2014. UEL.
- [7] I. Chengalur-Smith, S. Nevo, and P. Demertzoglou. An empirical analysis of the business value of open source infrastructure technologies. *Journal of the Association for Information Systems*, 11(11):708–729, 2010.
- [8] M. Driver and et al. Hype Cycle for Open-Source Software. Technical Report July, Stamford, CT:Gartner, 2009.
- [9] J. Ellis and J.-P. V. Belle. Open source software adoption by South African MSEs: barriers and enablers. In *Proceedings of the 2009 Annual Conference of the Southern African Computer Lecturers’ Association*, pages 41–49, New York, 2009. ACM.
- [10] B. Fitzgerald. The Transformation of Open Source

- Software. *MIS Quarterly*, 30(3):587–598, 2006.
- [11] X. Franch, A. Susi, M. C. Annosi, C. Ayala, R. Glott, D. Gross, R. Kenett, F. Mancinelli, C. T. Pop Ramsamy, D. Ameller, et al. Managing risk in open source software adoption. In *8th International Joint Conference on Software Technologies*, pages 258–264, Reykjavík, Iceland, 2013. SciTePress.
- [12] E. Glynn, B. Fitzgerald, and C. Exton. Commercial adoption of open source software: an empirical study. In *International Symposium on Empirical Software Engineering*, pages 225–234, Noosa Heads, 2005. IEEE.
- [13] S. Goode. Something for nothing: management rejection of open source software in Australia’s top firms. *Information & Management*, 42(5):669–681, July 2005.
- [14] Ø. Hauge. Open Source Software in Software Intensive Industry - A Survey. Master of science in computer science, Norwegian University of Science and Technology, 2007.
- [15] Ø. Hauge, C.-F. Sørensen, and R. Conradi. Adoption of open source in the software industry. In *Open Source Development, Communities and Quality*, pages 211–221. Springer, New York, 2008.
- [16] J. Holck, M. Pedersen, and M. Larsens. Open source software acquisition: Beyond the business case. In *European Conference on Information Systems*, Regensburg, 2005. AIS.
- [17] G. F. Lichand, E. H. Diniz, and T. P. Christopoulos. A cathedral, o bazar e o condomínio: Um ensaio sobre o modelo de negócio do software livre. *Revista de Gestão USP*, 15(1):99–113, 2008.
- [18] F. V. D. Linden, B. Lundell, and P. Marttiin. Commodification of Industrial Software: a case for open source. *IEEE Software*, pages 77–83, 2009.
- [19] N. K. Malhotra. *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. Bookman, Porto Alegre, 6 edition, 2012.
- [20] F. J. Mata, W. L. Fuerst, and J. B. Barney. Information technology and sustained competitive advantage: a resource-based analysis. *MIS Quarterly*, pages 487–505, December 1995.
- [21] C. May. The FLOSS alternative: TRIPs, non-proprietary software and development. *Knowledge, Technology & Policy*, 18(4):142–163, dez 2006.
- [22] G. Miscione and K. Johnston. Free and Open Source Software in developing contexts: From open in principle to open in the consequences. *Journal of Information, Communication and Ethics in Society*, 8(1):42–56, 2010.
- [23] A. Monecke and F. Leisch. sempls: structural equation modeling using partial least squares. *Journal of Statistical Software*, 48(3):1–32, 2012.
- [24] L. Moolman. A characterisation of Open Source Software adoption decisions in South African organisations. Masters of business administration, University of Stellenbosch, 2011.
- [25] S. Nauta. Investigating Project Complexity at NXP Semiconductors B.V. An exploratory study based on the TOE framework. Management of technology, Delft University of Technology, 2011.
- [26] E. S. Raymond. *The Magic Cauldron*. O’Reilly Media, Sebastopol, CA, 1999.
- [27] A. Røsdal. A survey of industrial involvement in open source. Master of science in computer science, Norwegian University of Science and Technology, 2006.
- [28] S. Rusovan, M. Lawford, and D. L. Parnas. Open source software development: future or fad? *Perspectives on Free and Open Source Software*, pages 107–122, 2005.
- [29] J. S. F. d. Silva. Modelagem de equações estruturais: Apresentação de uma metodologia. Mestrado em engenharia de produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção., 2006.
- [30] Softex. O impacto do software livre de código aberto na indústria de software do brasil, 2005.
- [31] Softex. Tic brasileira: Ibss em nível regional, 2014.
- [32] D. Spinellis and V. Giannikas. Organizational adoption of open source software. *The Journal of Systems and Software*, 85(3):666–682, 2012.
- [33] R. Stallman. The GNU Operating System and the Free Software Movement. In *Open Sources: Voices from the Open Source Revolution*, page 280. O’Reilly & Associates Inc, 1 edition, 1999.
- [34] C. Taurion. Open Source Software: evolução e tendências, 2011.
- [35] W. H. M. Theunissen, A. Boake, and D. G. Kourie. A preliminary investigation of the impact of open source software on telecommunication software development. In *Proceedings of the Southern African Telecommunication Networks and Applications Conference*, Western Cape, South Africa, 2004. SATNAC.
- [36] L. G. Tornatzky and M. Fleischer. *The processes of technological innovation*. Lexington Books, New York, 1990.
- [37] J. West. How open is open enough? *Research Policy*, 32(7):1259–1285, July 2003.
- [38] J. West, J. Dedrick, and B. Place. The effect of computerization movements upon organizational adoption of open source. In *Social Informatics Workshop*, pages 1–30, Irvine, California, 2005.
- [39] T. Wichmann. Use of open source software in firms and public institutions evidence from Germany, Sweden and UK. Technical Report July, Berlecon Research, Berlin, Germany, 2002.
- [40] T. E. Yoon and J. F. George. Why aren’t organizations adopting virtual worlds? *Computers in Human Behavior*, 29(3):772–790, May 2013.
- [41] K. X. Zhu and Z. Z. Zhou. Lock-In Strategy in Software Competition: Open-Source Software vs. Proprietary Software. *Information Systems Research*, 23(2):536–545, June 2011.
- [42] S. Ziemer, Ø. Hauge, T. Østerlie, and J. Lindman. Understanding Open Source in an Industrial Context. In *IEEE International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems*, number 7491, pages 539–546, Los Alamitos, CA, Nov. 2008. IEEE Computer Society.