AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESTUDO SISTÊMICO DA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO NO IPEN

Carlos Anisio Monteiro

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Barroso

São Paulo
2016

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

ESTUDO SISTÊMICO DA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO NO IPEN

Carlos Anisio Monteiro

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Barroso

Versão Corrigida
Versão Original disponível no IPEN

São Paulo
2016

Dedicatória

À minha esposa Marcia

Sem o acento. Pobre acento perdeu a oportunidade
de conviver com uma pessoa forte, guerreira
e com um caráter incondicional.
Por todo apoio, carinho, paciência, incentivo e
compreensão que nunca faltaram.
Sabe digerir e contornar os percalços que
a vida nos proporciona.
Meu eterno carinho e respeito.

Aos meus filhos Daniela e Bruno

Sempre e sempre minha inspiração e meus motivadores.
A Dani, espontânea, sempre disposta a colher amizades.
O Bruno, introspectivo, sempre genuíno em seus
sentimentos e atitudes.
Cada um a seu modo, sempre torceram, apoiaram e me
compreenderam em todos os momentos.
Devo ser muito grato por essas dádivas sublimes.

Aos meus pais Gyanete e Jaures

Ensinaram-me que a maior virtude que um ser humano deve preservar é
a sua integridade moral e que, o respeito, o caráter e a dignidade
devem ser o alicerce de qualquer atitude.
Minha mãe (in memorian), com um coração enorme,
definida por uma ex-professora de primário, como "a mãe da rua".
Meu pai, sério, de poucas palavras
(seria redundância comigo); uma pessoa admirável.

AGRADECIMENTOS

Essa é uma jornada que envolve muitas pessoas e que em menor ou maior grau deram a sua contribuição. É com muita satisfação que registro os meus sinceros agradecimentos e reconhecimento a todos.

Um profundo reconhecimento ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Barroso, que possibilitou respirar e digerir um desafio imenso, ampliando a minha formação acadêmica e profissional. Pela amizade, respeito, conselhos e dedicação. Um imenso OBRIGADO!

Ao Prof. Dr. Diógenes de Souza Bido, por sua imensa ajuda na consolidação do modelo e no entendimento dos aspectos que envolvem as técnicas de validação de um modelo conceitual.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP, pela oportunidade concedida.

Ao colega Sérgio Bleckman Reis Junior, pela disponibilização do programa computacional, essencial neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Mário Olímpio de Menezes que de alguma forma teve uma participação neste desafio.

Ao *Center for Computational Analysis of Social and Organizational Systems* (CASOS) da *Carnegie Mellon University*, pela disponibilização do programa *ORA* para as análises de redes sociais.

Aos colegas do IPEN que contribuíram com esta pesquisa na fase de coleta de dados, respondendo, gentilmente, o questionário.

Christian M. Ringle, Sven Wende e Alexander Will, pela disponibilização do programa *SmartPLS* utilizado nas análises do modelo conceitual.

Aos Professores da Pós-Graduação do IPEN, cujas disciplinas frequentei, pelo compartilhamento de seus conhecimentos e experiências.

À colega Maria Aparecida Trezza Helmmeister pelo apoio e concordância em conciliar as atividades acadêmicas e profissionais.

Aos colegas da Pós-Graduação do IPEN, em especial a Ana Claudia M. Feher com seus esclarecimentos sempre pertinentes.

À minha esposa, aos meus filhos e aos meus pais.

A Deus, mesmo com sua eterna contradição em dar e tirar.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente apoiaram e incentivaram a realização deste trabalho.

Muito Obrigado a todos!

"... Aquele que recebe de mim uma ideia tem aumentada a sua instrução sem que eu tenha diminuída a minha. Como aquele que acende sua vela na minha recebe luz sem apagar a minha. Que as ideias passem livremente de uns aos outros no planeta, para a instrução moral e mútua dos homens e a melhoria de sua condição.....Invenções, portanto, não podem, na natureza, ser sujeitas à propriedade."

(Thomas Jefferson)

"Compreender não consiste em elencar dados. Mas em ver o nexo entre eles e em detectar a estrutura invisível que os suporta. Esta não aparece. Recolhe-se num nível mais profundo. Revela-se através dos fatos. Descer até aí através dos dados e subir novamente para compreender os dados: eis o processo de todo o verdadeiro conhecimento."

(Leonardo Boff)

"Adoro reticências… aqueles três pontos que insistem em dizer que nada está fechado, que nada acabou, que algo está por vir! A vida se faz assim… nada pronto, nada definido, tudo sempre em construção… tudo ainda por se dizer… nascendo… brotando… sublimando… vivo assim… numa eterna reticência… prá que colocar ponto final? O que seria de nós sem a expectativa da continuação?"

(Texto atribuído a Nilson Furtado)

ESTUDO SISTÊMICO DA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO NO IPEN

Carlos Anisio Monteiro

RESUMO

Com o escopo de fornecer subsídios para compreender como o processo de colaboração científica ocorre e se desenvolve em uma instituição de pesquisas, particularmente o IPEN, o trabalho utilizou duas abordagens metodológicas. A primeira utilizou a técnica de análise de redes sociais (ARS) para mapear as redes de colaboração científica em P&D do IPEN. Os dados utilizados na ARS foram extraídos da base de dados digitais de publicações técnico-científicas do IPEN, com o auxílio de um programa computacional, e basearam-se em coautoria compreendendo o período de 2001 a 2010. Esses dados foram agrupados em intervalos consecutivos de dois anos gerando cinco redes bienais. Essa primeira abordagem revelou várias características estruturais relacionadas às redes de colaboração, destacando-se os autores mais proeminentes, distribuição dos componentes, densidade, *boundary spanners* e aspectos relacionados à distância e agrupamento para definir um estado de redes mundo pequeno (*small world*).

A segunda utilizou o método dos mínimos quadrados parciais, uma variante da técnica de modelagem por equações estruturais, para avaliar e testar um modelo conceitual, apoiado em fatores pessoais, sociais, culturais e circunstanciais, para identificar aqueles que melhor explicam a propensão de um autor do IPEN em estabelecer vínculos de colaboração em ambientes de P&D. A partir do modelo consolidado, avaliou-se o quanto ele explica a posição estrutural que um autor ocupa na rede com base em indicadores de ARS. Nesta segunda parte, os dados foram coletados por meio de uma pesquisa de levantamento com a utilização de um questionário. Os resultados mostraram que o modelo explica aproximadamente 41% da propensão de um autor do IPEN em colaborar com outros autores e em relação à posição estrutural de um autor na rede o poder de explicação variou entre 3% e 3,6%. Outros resultados mostraram que a colaboração entre autores do IPEN tem uma correlação positiva com intensidade moderada com a produtividade, da mesma forma que, os autores mais centrais na rede tendem a ampliar a sua visibilidade.

Por fim, vários outros indicadores estatísticos bibliométricos referentes à rede de colaboração em P&D do IPEN foram determinados e revelados, como, a média de autores por publicação, média de publicações por autores do IPEN, total de publicações, total de autores e não autores do IPEN, entre outros.

Com isso, esse trabalho fornece uma contribuição teórica e empírica aos estudos relacionados à colaboração científica e ao processo de transferência e preservação de conhecimento, assim como, vários subsídios que contribuem para o contexto de tomada de decisão em ambientes de P&D.

SYSTEMIC STUDY OF KNOWLEDGE GENERATION AT IPEN

Carlos Anisio Monteiro

ABSTRACT

With the aim of providing subsidies to understand how scientific collaboration process occurs and develops into a research institution, particularly IPEN, this study used two methodological approaches. The first used the social networking analysis (SNA) technique to map the scientific collaboration networks in R&D of IPEN. The data used for the SNA technique were extracted from the technical and scientific publications database of IPEN, using a computer program, and were based on co-authorship from 2001 to 2010 period. These data were grouped into consecutive intervals of two years generating five biennial networks. This first approach showed several structural features related to collaborative networks, especially the most prominent authors, distribution of components, density, boundary spanners and aspects related to distance and clustering to define small world networks.

In the second approach, partial least squares, a method to structure equation modeling, was used to evaluate and test a conceptual model based on personal, social, cultural and circumstantial factors to identify those that best explain the propensity of an IPEN's author in establishing links of collaboration in R&D environments. From the consolidated model, we evaluated how much it explains the structural position of an author on the network based on SNA indicators. In this second part, the data were collected through a survey research using a questionnaire. The results showed that the model explains about 41% of the propensity of an IPEN author in collaborating with others authors, and in relation to the structural position of an author on the network, the explanation power of model ranged between 3% and 3.6%. Other results have shown that collaboration between IPEN authors have a positive correlation with moderate intensity to productivity, in the same way, the most central authors in the network tend to increase its visibility.

Finally, several other bibliometric statistical indicators related to R&D collaboration network of IPEN were determined and unveiled, such as the average number of authors per publication, the average of publications by IPEN authors, the total number of publications, the total number of authors, among others.

Thus, this work provides a theoretical and empirical contribution to the studies related to scientific collaboration and to the transfer and preservation process of knowledge, as well as various subsidies that contribute to the decision making context in R&D environments.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16
1.1. Contexto e Motivação da Pesquisa 16
1.2. O Pano de Fundo da Pesquisa 17

2. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA 20
2.1. Objetivos Gerais 20
2.2. Objetivos Específicos 21
2.3. Questões de pesquisa 22

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 23
3.1. A Importância do Conhecimento 23
3.2. Capital Intelectual e Capital Social 25
3.3. Análise de Redes Sociais 27
3.3.1. Aspectos conceituais 27
3.3.2. Propriedades da estrutura relacional 32
3.3.3. Indicadores de ARS 35
3.4. Aspectos gerais de modelagem por equações estruturais 42
3.4.1. Conceitos fundamentais 42
3.4.2. Mínimos quadrados parciais 45
3.5. Colaboração em P&D 46
3.6. Parcerias de colaboração em P&D e trabalhos correlatos 48

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 51
4.1. Universo da pesquisa 51
4.2. Abordagem Metodológica 54
4.3. Definição do modelo conceitual 56
4.4. Coleta de dados para ARS 61
4.5. Análise dos dados coletados 64
4.6. Coleta de dados para MEE 67

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES BASEADOS NA ARS 71
5.1. Representação gráfica das redes 71
5.2. Análise das características globais das redes 77
5.3. Características dos maiores componentes das redes 81
5.4. Popularidade de um autor na rede de P&D do IPEN 82
5.5. Características dos autores nas redes com relações dicotomizadas 85
5.6. Produtividade dos autores do IPEN associada aos indicadores de centralidade 89

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES BASEADOS NA MEE 93
6.1. Considerações sobre o tamanho da amostra 93
6.2. Critérios utilizados para a avaliação do modelo conceitual proposto 95
6.2.1. Avaliação do modelo de mensuração 95
6.2.1.1. Validade de face 95
6.2.1.2. Validade convergente 96
6.2.1.3. Validade discriminante 96
6.2.1.4. Confiabilidade da escala 97
6.2.2. Avaliação do modelo estrutural 97
6.3. Ajustando o modelo conceitual original 100
6.3.1. Observações sobre o modelo conceitual proposto originalmente 100
6.3.2. Comentários sobre os ajustes para o construto "*Circunstanciais*" 104
6.3.3. Avaliação do modelo conceitual ajustado 105

7. CONCLUSÃO 119
7.1. Considerações finais 119
7.2. Sugestões para trabalhos futuros: 123

APÊNDICE A – Questionário: Estudo dos fatores que influenciam a colaboração 124

APÊNDICE B – Média e desvio padrão da escala 130

APÊNDICE C – Introdução À linguagem xml 132

APÊNDICE D – Simulações para ajuste do modelo 135

APÊNDICE E – Cálculo do tamanho do efeito e resultados apurados para *blindfolding* 139

APÊNDICE F – Questões abertas e respostas espontâneas dos entrevistados 141

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Razões que motivam a colaboração em P&D. 47

Tabela 2. Tipos de publicações na base PTC. 61

Tabela 3. Códigos de identificação de autor, coautor, orientador e orientando na base PTC. 63

Tabela 4. Formatação dos nomes com base em citação bibliográfica. 64

Tabela 5. Sumário da produção técnica e científica do IPEN. 65

Tabela 6. Indicadores da rede de colaboração em P&D do IPEN por períodos bienais. 78

Tabela 7. Características dos maiores componentes em cada rede. 81

Tabela 8. Número de servidores contratados por concurso e os que geraram publicações técnico-científicas em cada período. 82

Tabela 9. Regras práticas para avaliar a força da associação do coeficiente de correlação. 83

Tabela 10. Boundary spanners entre os 25 autores mais proeminentes na rede de colaboração em P&D do IPEN. 88

Tabela 11. Produtividade dos 25 autores mais proeminentes com base nas redes bienais com relações dicotômicas. 91

Tabela 12. Correlações entre o indicador CG, das redes com relações dicotomizadas, com os indicadores CN e CF. 92

Tabela 13. Correlação entre os construtos do modelo original especificado na FIG. 25. . 102

Tabela 14. Gerado com a função PCA do pacote FactoMineR disponível no programa R. 103

Tabela 15. Valores apurados para as correlações entre os construtos para avaliar validade convergente, discriminante e confiabilidade. 110

Tabela 16. Cálculo da AVE e confiabilidade composta para os construtos de segunda ordem. 111

Tabela 17. Valores de cargas fatoriais apuradas para avaliação da validade discriminante. 112

Tabela 18. Percentual de explicação de cada construto em relação ao construto “Propensão Colaborar” e avaliação das hipóteses. 113

Tabela 19. Média e desvio padrão calculados para cada indicador do modelo conceitual original. 130

Tabela 20. Resultados apurados para avaliação do modelo conceitual proposto na simulação 1. 135

Tabela 21. Resultados apurados para avaliação do modelo conceitual proposto na simulação 3. 136

Tabela 22. Resultados apurados para avaliação do modelo conceitual proposto na simulação 4. 137

Tabela 23. Resultados apurados para avaliação do modelo conceitual proposto na simulação 5. 138

Tabela 24. Procedimentos para cálculo do tamanho do efeito (f^2). 139

Tabela 25. Respostas espontâneas dos entrevistados para as perguntas abertas. 142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de sociomatriz e sociograma. 29

Figura 2. Exemplos de relações direcionais. 33

Figura 3. Exemplo de relação não direcional. 34

Figura 4. Exemplos de relações dicotômicas e valoradas para redes não direcionais e direcionais. 34

Figura 5. Características diferenciais entre os modelos reflexivos e formativos. 43

Figura 6. Estrutura resumida de um modelo MEE. 44

Figura 7. Características demográficas dos autores do IPEN. 53

Figura 8. Faixa etária dos autores do IPEN. 54

Figura 9. Modelo conceitual proposto para avaliar a propensão à colaboração e sua influência sobre a posição estrutural de um autor na rede. 57

Figura 10. Exemplo de matriz de adjacência simétrica gerada pelo programa. 62

Figura 11. Produtividade e colaboração. 66

Figura 12. População de autores que publicaram no período de 2001 a 2010. 67

Figura 13. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2001-2002. 72

Figura 14. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2003-2004. 73

Figura 15. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2005-2006. 74

Figura 16. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2007-2008. 75

Figura 17. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2009-2010. 76

Figura 18. Critérios para avaliar redes de mundo pequeno. 80

Figura 19. Correlação e significância estatística do indicador CG_{in} com os indicadores de centralidade e clique. 85

Figura 20. Relação entre número de autores com o número de colaboradores. 86

Figura 21. Os 25 autores mais proeminentes na rede de colaboração em P&D do IPEN para os cinco períodos. 88

Figura 22. Número de cliques e de autores por clique. 89

Figura 23. Produtividade dos autores e coautores do IPEN com base no contador CF. 90

Figura 24. Amostra mínima recomendada com base em cinco e seis construtos preditores. 94

Figura 25. Modelo conceitual de mensuração e estrutural proposto originalmente. 101

Figura 26. Modelo conceitual ajustado. 106

Figura 27. Resultados apurados com a técnica de bootstrapping para o modelo conceitual ajustado. 107

Figura 28. Modelo conceitual ajustado com dados da rede de afinidade. 117

Figura 29. Resultados apurados com a técnica de bootstrapping para o modelo conceitual ajustado com indicadores da rede de afinidade. 118

Figura 30. Resultados apurados para o modelo conceitual proposto na simulação 1..... 135

Figura 31. Resultados apurados para o modelo conceitual proposto na simulação 3..... 136

Figura 32. Resultados apurados para o modelo conceitual proposto na simulação 4..... 137

Figura 33. Resultados apurados para o modelo conceitual proposto na simulação 5..... 138

Figura 34. Resultados apurados referente a blindfolding para o modelo ajustado. 140

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ARS	Análise de Redes Sociais
AVE	*Average Variance Extracted*
CA	Centralidade de Autovetor
CASOS	*Computational Analysis of Social and Organizational Systems*
CB-SEM	*Covariance-base Structural Equation Modeling*
CC	Coeficiente de Agrupamento (*Clustering Coefficient*)
CF	Contagem Fracionária
CG	Centralidade de Grau
CG_{in}	Centralidade de Grau *in-degree*
CG_{out}	Centralidade de Grau *out-degree*
CI	Centralidade de Intermediação
CN	Contagem Normal
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CoC	Confiabilidade Composta
COINs	*Collaborative Innovation Network Conference*
CP	Centralidade de Proximidade
CPL	*Characteristic Path Length*
CV *red*	*Cross-Validated Redundancy*
GC	Gestão do Conhecimento
INAC	*International Nuclear Atlantic Conference*
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
MEE	Modelagem por Equações Estruturais
ORA	*Organization Risk Analyser*
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PHP	*Personal Home Page* (originalmente); *Hypertext Preprocessor* (acrônimo atualmente)
PLS	*Partial Least Square*

PLS-SEM	*Partial Least Square Structural Equation Modeling*
PTC	Publicações Técnico-Científicas
SEM	*Structural Equation Modeling*
Sig.	Significância estatística
SIGMOD	*Special Interest Group on Management of Data*
W3C	*World Wide Web Consortium*
XML	*Extensible Markup Language*

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto e Motivação da Pesquisa

O IPEN é uma instituição de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que nos anos 1970 e 1980 era fundamentalmente voltada para as áreas de energia e aplicações de técnicas nucleares, mas que, nas últimas três décadas teve seus interesses e campos de ação bastante ampliados. Muitas foram as razões para tal ampliação de escopo, mas certamente a ausência de um programa nuclear e a falta de incentivos (verbas) para pesquisas no setor foram determinantes para esta transformação. A natureza multidisciplinar da área nuclear facilitou bastante que os pesquisadores do IPEN encontrassem novos nichos de pesquisa, parcerias e verbas para P&D em temas tão variados como biotecnologia, células a combustível e tecnologia de laser.

Hoje a comunidade de pesquisadores do IPEN está engajada em projetos e interesses diversificados, envolvendo áreas que extrapolam em muito os temas, tecnologias e aplicações específicos da área nuclear. Tal diversidade é percebida até na denominação dos centros e gerências que compõem a estrutura organizacional do instituto. Neste contexto muitos pesquisadores colaboram além da fronteira de seus centros e até mesmo do próprio instituto, participando em projetos de pesquisa interinstitucionais e prestando serviços para entidades que, muitas vezes, não tem qualquer relação com o setor nuclear.

Observado sob a óptica de um sistema gerador de conhecimento, os objetos de tal geração materializam-se, principalmente, sob a forma de métodos, processos, tecnologias, produtos e serviços. Tais objetos são registrados em patentes, relatórios técnicos, artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, visto que o IPEN também mantém uma robusta pós-graduação.

Concernente à como tais conhecimentos são produzidos, o IPEN pode ser visto como um conglomerado de redes de colaboração, muitas delas informais, já que não são diretamente mapeáveis na estrutura formal.

Tais redes, no tocante a topologia e evolução temporal podem ser estudadas através da análise de redes sociais, que são mapeadas através dos registros das

colaborações como explicado por Barroso *et al.* (2010, 2009) ao analisar as redes de colaboração dos pesquisadores aposentados com os ativos.

Por outro lado, o entendimento deste grande sistema de produção de conhecimento, configurado por este complexo de redes de colaboração que envolve centenas de pessoas de diferentes unidades do IPEN e até de outras instituições é um desafio ao mesmo tempo ambicioso e motivador.

1.2. O Pano de Fundo da Pesquisa

A sociedade mundial sempre passou por transformações sociais, culturais, políticas e econômicas, contudo os tempos de maturação e evolução destas mudanças têm se acelerado substancialmente. Transformações na sociedade, que antes se processavam ao longo de um ou dois séculos, hoje ocorrem ao longo de poucas décadas. Profissões são extintas e outras são criadas com tal velocidade que em breve os jovens cursando o ensino médio, não conseguirão saber o leque de opções profissionais que o mercado de trabalho lhes oferecerá na época em que terminarem a faculdade.

Do ponto de vista socioeconômico, no século XIX com a disseminação da revolução industrial, a terra e a mão de obra, que eram fatores essenciais para determinar a grandeza econômica de uma nação cederam espaço no século XX, com o surgimento de outros fatores explicativos como, por exemplo, a tecnologia. No entanto, o ritmo de desenvolvimento da tecnologia era suave e os meios de produção ainda eram intensivos em mão de obra e, portanto o binômio capital e trabalho foi a grande locomotiva para o desenvolvimento econômico.

Focalizando a sociedade atual, traduzida como a sociedade do conhecimento por diversos autores, o conhecimento ou o capital intelectual, manifestado em formas diversas de ativos intangíveis, torna-se o “combustível” para obter-se vantagem competitiva sustentável. De acordo com O´Sullivan & Stankosky (2004) o capital intelectual é um dos ativos de maior valor empresarial na nova economia.

Nesta nova sociedade, o conhecimento é o recurso primário para os indivíduos e para a economia. Fatores tradicionais de produção como terra, trabalho e capital não desaparecerão, mas serão tratados como secundários (Drucker, 1992).

Em vista disso, é fato bastante conhecido e a literatura é pródiga em relatar exemplos (Hoegl & Schulze, 2005; Davenport & Prusak, 1998; Stewart, 1998; Nonaka & Takeuchi, 1997; Zhao, Pablos & Qi, 2012; Gottschalk, 2005; Batista, 2004; Derr, 1999) de empresas e instituições, principalmente as de médio e grande porte, que, por reconhecerem a importância do conhecimento que nutre suas competências centrais, têm investido tempo e recursos em iniciativas de gestão do conhecimento (GC).

Na área nuclear, o despertar do interesse pelo assunto tornou-se notório em 2002 quando foi realizada de 17 a 19 de junho, na AIEA, uma reunião de "*sênior officials*" para discutir o assunto. Anexo à convocação, seguia um texto introdutório da discussão no qual era afirmado que "*a Gestão do Conhecimento Nuclear é essencial para garantir a segurança e proteção das instalações, encorajar inovações, bem como para ter certeza que os benefícios da energia nuclear – relacionados à saúde humana, alimentos, agricultura, gestão de recursos hídricos, geração de eletricidade e uma plêiade de outras aplicações – permanecerão disponíveis para as gerações futuras*". No mesmo ano, em setembro, a Conferência Geral da AIEA adotou a resolução GC(46)/RES11B, que foi reiterada e reforçada no ano seguinte pela resolução GC(47)RES10B, enfatizando a importância do assunto e solicitando aos países membros que aumentassem seus esforços neste assunto.

Outra preocupação da AIEA, relatada no relatório técnico IAEA-TECDOC-1399 de 2004, está relacionada à aposentadoria das pessoas que detém o conhecimento para operação e manutenção de instituições nucleares e como esse conhecimento e habilidade pode ser transferido às novas gerações de trabalhadores destas instituições.

O IPEN, cuja missão está centrada na "melhoria da qualidade de vida da população brasileira, produzindo conhecimentos científicos, desenvolvendo tecnologias, gerando produtos e serviços e formando recursos humanos nas áreas nuclear e correlatas", certamente poderá obter ganhos de eficiência e muitos benefícios se, atendendo às recomendações da AIEA dedicar algum esforço em adotar alguma abordagem de GC que seja adequada às suas características.

Para ter sucesso neste desafio de definir processos e utilizar metodologias que auxiliem na transferência e preservação do conhecimento através das diversas camadas da estrutura organizacional é indispensável a conscientização e o esforço coletivo dos

“trabalhadores do conhecimento” e da alta administração. Para Terra (1999), o papel da alta administração, a cultura organizacional, a estrutura da organização, as políticas de recursos humanos e as práticas gerenciais e organizacionais vigentes são fatores críticos para a gestão do conhecimento, visto que tanto podem ser grandes facilitadores como óbices de seu sucesso.

Embora haja uma vasta e recente literatura abordando gestão do conhecimento (GC), em suas várias facetas, há pouquíssimos artigos que contemplam as questões que este trabalho se propõe a investigar.

2. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O delineamento de uma pesquisa científica tem por finalidade caracterizar com precisão o fenômeno ou problema a ser analisado e estabelecer um marco referencial para confrontar os aspectos teóricos por meio de verificações empíricas ou experimentais da realidade. Constitui uma etapa que determina as operações necessárias para a realização do trabalho de investigação e, à medida que essas operações são concluídas o trabalho de investigação assume a forma de um sistema coordenado e coerente de conceitos e proposições (Gil, 2008, p. 49).

Uma pesquisa científica subdivide-se em dois grandes domínios: quantitativos e qualitativos (Gressler, 2004, p. 43). Desta forma, este trabalho estará empregando uma abordagem quantitativa para responder às questões de pesquisa e examinar as hipóteses lançadas, recorrendo à linguagem matemática e à estatística para retratar as características de uma população.

A ideia deste trabalho nasceu de uma pesquisa inicial relatada e artigos apresentados na *COINS 2009 Collaborative Innovation Network Conference, International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2009* e *Sunbelt Social Networks Conference - 2009*. Nesta pesquisa inicial o objetivo principal foi avaliar o grau de importância de uma rede de colaboração com pesquisadores aposentados para a preservação e transferência do conhecimento no IPEN.

2.1. Objetivos Gerais

São quatro os grandes objetivos deste trabalho de pesquisa. O primeiro, entender como é gerado e transferido (entre pares e grupos) o conhecimento no IPEN. O segundo concentra-se em analisar: (a) o que caracteriza os pesquisadores mais colaborativos e prolíferos em P&D, ou seja, aqueles com grande número de colaboradores, parceiros e artefatos produzidos e (b) o que influência essa dinâmica. Terceiro, examinar o que torna um determinado pesquisador mais atraente para que outros estabeleçam vínculos de colaboração com ele. Finalmente, tornar mais claro o cenário de P&D proporcionando ao IPEN e, consequentemente à CNEN, um referencial teórico e metodológico, baseado

em evidências e modelagens, que auxilie na implantação de iniciativas de geração, preservação e transferência de conhecimento em suas unidades.

2.2. Objetivos Específicos

Outros objetivos emergem naturalmente em função da variedade e capacidade analítica da metodologia de análise de redes sociais (ARS). A seguir apresentamos uma lista inicial:

(a) Revelar várias características intrínsecas da configuração da rede de colaboração em P&D do IPEN;

(b) Revelar quem colabora com quem e as causas subjacentes mais relevantes;

(c) Identificar quem são os pesquisadores ou grupos de pesquisa mais produtivos;

(d) Identificar como varia a produtividade per capita dos grupos de pesquisa em função de tamanho, densidade e coesão de suas ligações;

(e) Revelar o quanto a rede e subredes de pesquisadores têm similaridade com a estrutura organizacional formal e detectar as possíveis explicações.

Com base na população dos atores da rede de colaboração em P&D do IPEN, construir um modelo baseado em equações estruturais visando:

(f) Entender quais são os fatores (variáveis latentes) que melhor explicam os atores mais proeminentes, detectados na ARS, terem atingido aquele posicionamento na rede;

Da combinação das duas abordagens, ARS e modelagem por equações estruturais (MEE), decorrem outros objetivos de mais alto nível, a seguir:

(g) Por um lado, apurar em que medida a propensão para colaborar consegue explicar, ainda que parcialmente, a estrutura da rede e/ou alguns indicadores chave obtidos com a abordagem de ARS;

(h) Por outro lado, entender em que medida a posição estrutural que um indivíduo ou grupo ocupa na rede amplifica a percepção que os outros têm dele, com o intuito de desejar colaborar com ele.

2.3. Questões de pesquisa

O título da pesquisa – Estudo sistêmico da geração de conhecimento no IPEN – deixa antever o domínio ou objeto do estudo.

A proposta deste estudo é examinar minuciosamente como é gerado e disseminado o conhecimento que alimenta a P&D no IPEN. Para isso, as seguintes questões de pesquisa devem ser observadas para que as evidências possam ser coletadas e o modelo comprovado:

(a) Os pesquisadores trabalham isolados?

(b) Eles preferem colaborar em pequenos ou em grandes grupos?

(c) Os grupos são separados ou compartilham muitos elementos?

(d) O que define essas preferências?

(e) Que evidências podemos colher para entender essas preferências?

(f) Que características, pessoais e organizacionais, influenciam na propensão para estabelecer uma colaboração em pesquisas?

(g) Esta estrutura de colaboração guarda relação com a produtividade?

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo desta revisão as palavras chaves que identificam os conceitos mais diretamente relacionados com o arcabouço teórico desta pesquisa serão sublinhados.

3.1. A Importância do Conhecimento

O conhecimento é objeto de estudo desde a época da Antiguidade e por mais comum que se apresente não é um conceito trivial conforme observado por vários autores (Stewart, 1998; Davenport & Prusak, 1998; Nonaka e Takeuchi, 1997; Krogh *et al.*, 2012; Alavi & Leidner, 2001; Hoegl & Schulze, 2005; Bhatt, 2001).

Uma definição pragmática do conhecimento que procura caracterizá-lo dentro do contexto organizacional é apontada por Davenport & Prusack (1998, p. 6):

> *"Conhecimento é uma mistura fluida de experiência condensada, valores, informação contextual e insight experimentado, a qual proporciona uma estrutura para a avaliação e incorporação de novas experiências e informações. Ele tem origem e é aplicado na mente dos conhecedores. Nas organizações, ele costuma estar embutido não só em documentos ou repositórios, mas também em rotinas, processos, práticas e normas organizacionais". Davenport & Prusack (1998, p. 6).*

Seguindo esta linha pragmática, Stankosky (2005, p. 51) define conhecimento como uma informação que tem valor. Ainda, segundo Davenport & Prusak (1998), muitas organizações estão percebendo o valor do conhecimento, e que a sua perda pode significar prejuízos irreparáveis.

Alavi & Leidner (2001) argumentam que o conhecimento é indelevelmente o resultado de um processo cognitivo que é estimulado por um processo de conversão de informação em conhecimento, tornando-se informação quando articulado e apresentado em forma de textos, gráficos, palavras ou outras formas simbólicas.

Muitos autores (Gottschalk, 2005; Tsoukas, 1992; Nonaka, 1994;) costumam distinguir duas espécies de conhecimento: tácito e explícito (Polanyi, 1966 *apud* Nonaka,

1994). O conhecimento tácito é o que reside na mente das pessoas, sendo enraizado na experiência pessoal de cada um e consequentemente mais difícil de ser identificado, explicitado, formalizado, sistematizado e compartilhado. Ao passo que o conhecimento explícito, aquele que já se encontra formulado ou descrito de alguma forma, pode ser codificado, armazenado ou representado formalmente.

Empresas que efetivamente gerem seu capital intelectual estão sempre criando, disseminando e aperfeiçoando seu conhecimento organizacional, através dos processos de transformação de conhecimentos tácitos em explícitos e vice-versa. Uma abordagem para entender o processo de transformação do conhecimento é o modelo SECI (Socialização, Externalização, Combinação e Internalização), sugerido por Nonaka & Takeuchi (1997, p. 68-83), que propõe um contexto de interação contínua e dinâmica entre o conhecimento tácito e o explícito.

Apesar da grande concordância quanto a este modelo, não há consenso quanto à forma, ou mesmo à possibilidade da conversão (integral) de conhecimento tácito em conhecimento explícito. Tsoukas (2002), por exemplo, argumenta que o processo de externalização ignora a inefabilidade do conhecimento tácito, ou seja, o conhecimento tácito não pode ser capturado, interpretado ou convertido, mas somente mostrado e manifestado através de interações sociais. É argumentado que, os estudos do conhecimento tácito realizados por Polanyi sugerem uma natureza individual ou pessoal (Dourado, 2007). Mas mesmo Nonaka (1994) e Nonaka & Takeuchi (1997, cap. 3), entendem que o conhecimento só pode ser desenvolvido e compartilhado por meio de iniciativas e interações entre grupos de indivíduos.

Tanto no âmbito pessoal como organizacional, numa perspectiva pragmática, a gestão dos “ativos” de conhecimento envolve esforços sistemáticos e articulados para criar, identificar, codificar, disseminar, apropriar e aplicar conhecimento como um insumo estratégico de vantagem competitiva para pessoas e organizações.

De acordo com Watson (2003, p. 4), a maior parte da literatura sobre gestão do conhecimento trata o conhecimento de forma ampla, e usa-o como um recurso que as organizações necessitam saber para desempenhar suas funções. Isto pode envolver aspectos formais: patentes, políticas, programas e procedimentos, como informais: *know-how*, habilidades e experiência das pessoas. Pode envolver o modo como às organizações

funcionam, comunicam, analisam situações, desenvolvem novas soluções para os problemas e novas formas de fazer negócios. E, pode também envolver cultura, costumes e valores, assim como o relacionamento com clientes e fornecedores.

Contudo, Davenport & Prusack (1998, p. 28) destacam algumas características e princípios que regem o conhecimento e que devem ser observados para que soluções oportunas possam ser intensificadas para estimular o seu desenvolvimento nas esferas pessoal e organizacional. Com base em Davenport & Prusack (1998, p. 28) é importante ilustrar que:

- As pessoas são as principais detentoras do conhecimento;
- Compartilhar conhecimento é um processo que exige confiança; deve ser estimulado e recompensado;
- A tecnologia amplia os horizontes para a transferência de conhecimento;
- O conhecimento é criativo e imprevisível;
- Na esfera organizacional, a alta direção deve facilitar e prover os recursos necessários para iniciativas ligadas ao conhecimento.

3.2. Capital Intelectual e Capital Social

É notório e muitos autores (Davenport & Prusak, 1998; Stewart, 1998; Drucker, 2002; Nahapiet & Ghoshal, 1998) já manifestaram que o grande diferencial para as organizações modernas obterem vantagem competitiva é desenvolver e saber usufruir do seu capital intelectual. Contudo, quando falamos em capital intelectual logo direcionamos o pensamento para o conhecimento que está enraizado na mente das pessoas. Entretanto, o capital intelectual tratado a partir do escopo organizacional tem uma conotação ampla, incluindo elementos como: serviços, processos, produtos, patentes, memória organizacional, artigos *etc*. Conhecimentos de processos de negócios, de tecnologia, da concorrência, dos clientes, do desenvolvimento de novos produtos e metodologias são alguns exemplos de capital intelectual embutido nas organizações.

Saint-Onge (1996) divide o capital intelectual em três partes:

i) *Capital humano:* que está relacionado às experiências, conhecimentos e habilidades das pessoas;
ii) *Capital estrutural:* que é atribuído aos conhecimentos sobre normas gerenciais, sistemas de informação, mercado, estratégias de competitividade, processos de produção *etc*;
iii) *Capital do cliente:* que constitui os relacionamentos da organização com o cliente.

Mudando o enfoque vamos considerar o capital humano de uma pessoa não sob a ótica atomística, ou seja, caracterizando-o estritamente como um objeto – o que ela sabe em um dado momento – mas sim, sob a ótica de processos. Como evolui e como pode ser usado o capital humano de alguém? – por meio de seu capital social. Ou seja, pessoas aprendem coisas novas interagindo ou observando outras pessoas, ou ainda, interagindo com artefatos de conhecimentos explícitos gerados por outras pessoas.

De uma forma mais direta, se ninguém souber o que e o quanto você sabe, seu conhecimento não será útil. Igualmente, quanto mais pessoas você conhecer e souber identificar o que elas sabem, mais facilidade terá de aprender coisas novas, resolver problemas e referenciar tais pessoas para outras que precisem. Desta forma, o capital humano (estrito) e o capital social se alavancam mutuamente.

A metáfora do capital social é que pessoas melhores conectadas desempenham melhor suas funções. As pessoas podem se beneficiar com sua posição na estrutura social de relacionamentos (Burt, 2000).

Coleman (1988, 1994, p. 304-305) define capital social como um bem intangível, porque está embutido nas relações existentes entre pessoas. Ainda segundo o autor, o capital social identifica certos aspectos da estrutura social que podem ser usufruídos de acordo com os interesses das pessoas. As organizações reconhecem a importância dos relacionamentos entre pessoas como um meio de preservação do conhecimento. Cross *et al.* (2000) argumentam que as pessoas com quem você se relaciona têm um impacto significativo sobre o seu conhecimento.

Coleman (1988) entende que, assim como as outras formas de capital, o capital social é produtivo, possibilitando a realização de certos objetivos que seriam inalcançáveis se ele não existisse.

Para Bourdieu (1986), o volume de capital social de uma determinada pessoa depende do tamanho da rede de relacionamentos que pode efetivamente mobilizar e do volume de capital (econômico, cultural ou simbólico) que essa rede de relacionamentos possa lhe proporcionar.

Outro ponto importante a se destacar é a teoria de "buracos estruturais" instituída por Ronald Burt (Burt, 1995), que pode servir de fomento para alavancar o capital social. O posicionamento de uma pessoa na estrutura social pode ser um fator predominantemente mais vantajoso do que a quantidade de relacionamentos. Uma pessoa que se utiliza dos "buracos estruturais" para estabelecer um canal de comunicação para informações não redundantes entre dois grupos desfrutará de vantagem competitiva (Burt, 2000). Segundo Obstfeld (2005), a ideia de "buracos estruturais" baseia-se na otimização e qualidade dos relacionamentos, proveniente de uma estrutura de competição, controle e manipulação.

Diante dessas definições fica claro observar a importância que o capital social exerce sobre a formação pessoal e profissional das pessoas e consequentemente um subsídio importante para as organizações. Contudo, por ser intangível, a sua investigação não é trivial, já que depende de vários fatores atrelados ao contexto humano.

Grande parte desta pesquisa estará lidando com capital social e, portanto, nas próximas seções serão introduzidas as ferramentas metodológicas que serão utilizadas.

3.3. Análise de Redes Sociais

3.3.1. Aspectos conceituais

A metodologia de análise de redes sociais (ARS) é um tema que surgiu de áreas como sociologia, psicologia social e antropologia.

Os estudos que caracterizaram a abordagem de redes sociais foram forjados a partir da década de 1920. À Jacob Moreno foi creditado o desenvolvimento do termo "sociograma", uma representação sob a forma gráfica das configurações sociais, no qual as

pessoas são representadas por pontos e os seus relacionamentos com outras pessoas por linhas ou arestas (Scott, 2000, p. 10-11). O sociograma proporciona uma representação visual da estrutura social, ilustrando aspectos peculiares das relações que constituem essa estrutura social (Fredericks & Durland, 2005).

A ideia básica do sociograma possibilitou a muitos pesquisadores, a partir do final dos anos de 1940, contribuírem para o desenvolvimento da ARS por meio do uso de diferentes conceitos matemáticos. As principais áreas da matemática utilizadas nos estudos de redes são: teoria de grafos, estatística e álgebra matricial (Wasserman & Faust, 1994, p. 15-16). Particularmente, a terminologia e os conceitos de teoria de grafos e álgebra matricial ofereceram a fundamentação matemática para a evolução da metodologia de ARS e de suas ferramentas. Desta forma, na ARS a representação em grafos é também denominada de sociograma. Uma das razões da utilização de representações matemáticas e gráficas em ARS é prover uma forma compacta e sistemática para simbolizar as características das redes, possibilitando a utilização de computadores para armazenar, manipular e analisar os dados das redes de modo mais rápido e acurado (Hanneman & Riddle, 2005).

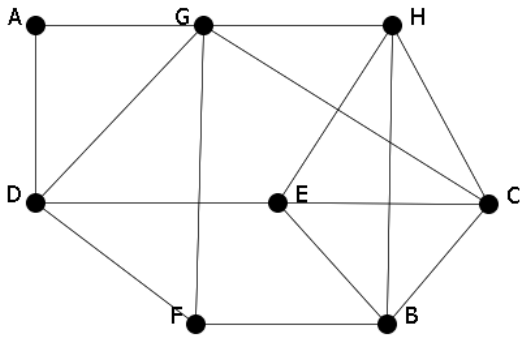
Aproveitando a analogia entre grafos e matrizes, a ARS utiliza, além da representação gráfica da rede por meio de grafos, uma matriz de adjacência também denominada sociomatriz, na qual os cruzamentos entre as linhas e as colunas configuram as relações. Portanto, um grafo que é um conjunto de vértices (nós ou pontos) e arestas (arcos ou linhas) representa perfeitamente a estrutura de uma rede, assim como a correspondente matriz de adjacência.

A FIG. 1(a) apresenta um exemplo de uma sociomatriz para uma relação recíproca não valorada, em que “1” identifica a existência de um relacionamento ou de uma ligação entre um par de agentes, e a ausência dessa ligação entre um par de agentes é identificada por “0”. Já a FIG. 1(b) mostra um exemplo de sociograma que indica a representação gráfica das combinações de relacionamentos que foram identificadas na sociomatriz.

Note que, neste exemplo, por ser uma relação intrinsecamente recíproca ou comutativa, a matriz é simétrica e o grafo não precisa representar as direções das arestas que são entendidas como bidirecionais ou como ligações (sem direção).

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	0	0	1	0	0	1	0
B	0	0	1	0	1	1	0	1
C	0	1	0	0	1	0	1	1
D	1	0	0	0	1	1	1	0
E	0	1	1	1	0	0	0	1
F	0	1	0	1	0	0	1	0
G	1	0	1	1	0	1	0	1
H	0	1	1	0	1	0	1	0

(a) Sociomatriz



(b) Sociograma

Figura 1. Exemplo de sociomatriz e sociograma.

O conceito de rede, independentemente se social ou não, consiste de um conjunto de entidades que têm entre si algum tipo de relacionamento. Uma rede social consiste em um conjunto ou em conjuntos finitos de atores ou agentes e suas relações (Wasserman & Faust, 1994, p. 20).

As redes são representadas graficamente por um conjunto de nós ou pontos conectados por arcos ou arestas, em que os nós representam as entidades e os arcos, direcionados ou não, as relações, conexões ou ligações entre as entidades. Barroso *et al.* (2010) definem ARS como um processo para mapear e estudar a rede de relacionamentos entre pessoas e grupos ou entre organizações e comunidades, sendo um meio efetivo para avaliar o fluxo de informação e conhecimento que se desenvolve por meio de comunicação ou colaboração, podendo identificar quem são as pessoas centrais e periféricas na rede. Para Cross *et al.* (2002), a ARS ampara-se em um conjunto de ferramentas que auxilia no mapeamento dos relacionamentos entre pessoas, sendo, particularmente, útil para aprimorar a colaboração, contribuindo para a criação e transferência de conhecimento em ambientes organizacionais.

A ARS parte de um paradigma relacional para tentar compreender a estrutura social (Van der Valk & Gijsbers, 2010; Otte & Rousseau, 2002; Zack, 2000; Wasserman & Faust, 1994, p. 3) tendo como referência os relacionamentos entre as entidades, comumente, formadas por pessoas ou grupos de pessoas e designado na terminologia de ARS como atores ou agentes. Portanto, o enfoque principal da ARS está em identificar padrões de interações dentro da estrutura relacional e explicar porque ocorrem e quais as

suas consequências, ancorado em três pressupostos subjacentes (Knoke & Yang, 2008, p. 4-6):

i) O comportamento das entidades pode ser melhor compreendido por meio das suas relações estruturais do que dos seus atributos individuais, como, sexo, idade, ideologia e valores;
ii) As relações estruturais estabelecidas de forma direta ou indireta entre as entidades afetam suas crenças, percepções e ações;
iii) Reconhecer as relações estruturais como um processo dinâmico, que se alteram continuamente por meio das interações entre as entidades.

A maioria dos métodos usados nas ciências sociais propõe que o desempenho ou comportamento de sistemas sociais (comunidades, organizações etc) podem ser estudadas por meio das:

i) Variáveis que medem tal desempenho;
ii) Variáveis que medem as características dos agentes do sistema;
iii) Variáveis que dão as condições de contorno. Estes estudos têm como premissa que as variáveis que caracterizam os diversos agentes são independentes entre si.

No caso da ARS as variáveis dos agentes dependem das relações entre eles. Isto é, se você trabalhar em uma organização e for altamente proficiente em um determinado domínio de conhecimento, mas não mantiver relações de comunicação e/ou troca de conhecimento com pessoas que possam vir a precisar de sua "*expertise*", dificilmente você influenciará no desempenho de sua organização. Portanto, reitera-se que os estudos de ARS dão ênfase às relações e padrões de relacionamentos entre os agentes e não em seus atributos (Hanneman & Riddle, 2005; Kilduff & Tsai, 2003, p. 19; Marin & Wellman, 2011, p. 13; Mizruchi, 2006; Chan & Liebowitz, 2006). Em síntese, a rede social de um agente específico pode ser mapeada por meio de seus contatos e relacionamentos sociais. Desta forma, a ARS torna-se uma ferramenta útil para avaliar o capital social desse agente.

De acordo com Borgatti & Foster (2003), desde 1950 tem ocorrido uma mudança na busca do entendimento do comportamento de sistemas sociais, saindo das abordagens individualistas ou atomistas, *em que as características dos atores explicariam*

o comportamento do grupo[a], para abordagens mais relacionais, sistêmicas e contextuais. A ARS encaixa-se nesta nova vertente, em que o comportamento e desempenho de um indivíduo dentro de um grupo ou organização podem ser modificados, alavancados ou atenuados, em função da estrutura dos relacionamentos no grupo.

Várias teorias sobre redes afirmam que as relações sociais servem como canais para a difusão de ideias e de práticas culturais e para o acesso a informações, oportunidades e recursos (Marsden, 2005). No campo organizacional, vários autores já perceberam a importância da ARS como uma ferramenta indispensável para visualizar, revelar e compreender as estruturas de relacionamentos, muitas vezes latentes, fornecendo elementos que contribuam para aprimorar a colaboração e processos de transferência e preservação de conhecimento (Parise *et al.*, 2006; Cross *et al.*, 2000; Müller-Prothmann, 2007; Helms *et al.*, 2010; Pereira & Soares, 2007; Cross *et al.*, 2002; Chan & Liebowitz, 2006).

Os estudos baseados em ARS fundamentam-se em duas abordagens que se complementam, sociocêntrica e egocêntrica (Marsden, 2005; Marsden, 2002; Hawe *et al.*, 2004; Mariolis, 1982; Otte & Rousseau, 2002). A abordagem sociocêntrica, originária de pesquisas na Universidade de Harvard, procura identificar padrões de relacionamentos sob a perspectiva do grupo ou da rede como um todo, ao passo que na abordagem egocêntrica, surgida na Universidade de Manchester, o foco de análise são os relacionamentos de um determinado agente, que passa a ser identificado como *ego*.

A ARS foi utilizada neste trabalho para mapear e identificar características egocêntricas e sociocêntricas, extraídas com base nos trabalhos de pesquisa desenvolvidos em coautoria, entre os autores que compõem a rede de colaboração técnico-científica em pesquisa e desenvolvimento (P&D) do IPEN, que será referida como rede de colaboração em P&D do IPEN.

---

[a] *Minha inserção.*

3.3.2. Propriedades da estrutura relacional

Como visto anteriormente, um grafo é, basicamente, constituído por um conjunto de nós e um conjunto de arestas e, na terminologia de redes sociais, os nós representam os agentes e as arestas as relações entre esses agentes.

Geralmente, uma rede social é constituída por uma coletânea de relacionamentos em que a unidade básica de análise desses relacionamentos é definida como díade. Díade é a relação entre dois agentes (Knoke & Yang, 2008, p. 7; Scott & Carrington, 2011, p. 344; Wasserman & Faust, 1994, p. 18). Portanto, uma rede social é formada por uma coleção de díades (Wasserman & Faust, 1994, p. 510).

Diferentemente da díade, uma tríade, formada por um conjunto de três agentes e seus possíveis relacionamentos, amplia as possibilidades de análises, particularmente, no que se refere a aspectos de transitividade e formação de agrupamentos (*clustering*) (Wasserman & Faust, 1994, p. 556-557).

Tomando como base as definições apresentadas por Wasserman & Faust (1994, cap. 4), um grafo $G(N, L)$, e consequentemente uma rede, consiste de um conjunto de nós $N = \{n_1, n_2, \ldots, n_g\}$ e um conjunto de arestas $L = \{l_1, l_2, \ldots, l_h\}$, em que cada aresta pode ser representada por um par ordenado ou não de nós distintos, $l_k = (n_i, n_j)$, para $(1 \leq k \leq h)$ e $(1 \leq i,j \leq g)$. Se o conjunto L contém a relação $l_k = (n_i, n_j)$, indica que os nós, n_i e n_j, são adjacentes, ou seja, os nós estão conectados diretamente.

Assim como a relação que gera uma rede pode ser direcional ou intrinsecamente recíproca e consequentemente o vínculo entre os agentes será direcional ou simplesmente conectivo, os grafos também são desta forma. Se observarmos melhor, o caso de grafos direcionais é o mais geral e nele as arestas serão direcionais (ou arcos direcionados) e, portanto, representadas por pares ordenados, como indicado no parágrafo anterior. Relações recíprocas geram grafos simplesmente conectados em que as arestas não têm direção.

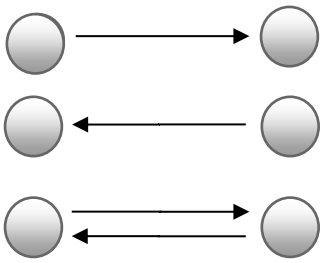
Em outras palavras, uma relação é considerada direcional quando se estabelece um sentido ordenado na relação existente entre dois agentes, ou seja, a relação é orientada de um nó origem para um nó destino. Na definição $l_k = (n_i, n_j)$ assume-se que a relação é

orientada do nó n_i para o nó n_j, ao passo que, na definição $l_k = (n_j, n_i)$ assume-se que a relação é orientada do nó n_j para o nó n_i.

No caso de uma relação direcional a situação de dois nós adjacentes pode ser de assimetria ou de simetria. Quando não houver reciprocidade a situação será de assimetria e será simétrica quando houver reciprocidade. Tomemos a relação "gostar de", que é por sua natureza direcional, visto que: A gostar de B não implica em B gostar de A e, portanto, podemos ter uma situação assimétrica. Por outro lado, A gostar de B e B gostar de A, é uma condição totalmente plausível e, neste caso, em função da reciprocidade se estabelece uma situação simétrica. Desta forma, o número máximo de relações possíveis em uma rede direcional é definido pela expressão:

$$L = g(g - 1) \tag{1}$$

Observe os exemplos de relações direcionais apresentados na FIG. 2, com uma alusão à relação amorosa mencionada.



A relaciona-se com B (A gosta de B);

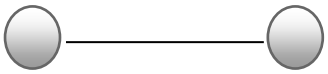
B relaciona-se com A (B gosta de A);

A relaciona-se com B e B relaciona-se com A (A gosta de B e B gosta de A).

Figura 2. Exemplos de relações direcionais.

Há relações que por sua natureza não tem direção ou orientação, um exemplo é a relação de parentesco, se A é parente de B, então B forçosamente é parente de A. Tais relações são denominadas como intrinsecamente recíprocas ou não direcionais. Desta forma, a relação existente entre dois nós n_i e n_j é não direcional, ou seja, $l_k = (n_i, n_j) = (n_j, n_i)$ (Wasserman & Faust, 1994, p. 95). Os laços familiares entre irmãos é um exemplo de relação não direcional, uma vez que, se A é irmão de B, consequentemente, B é irmão de A.

O desenvolvimento de trabalhos científicos baseados em coautoria, que é a raiz deste trabalho, é outro exemplo; se A desenvolveu um trabalho científico com B, logo, B também desenvolveu o mesmo trabalho com A. Note na FIG. 3 que a linha que interliga os nós A e B não tem indicações de direção em suas extremidades.



A tem uma relação recíproca com B (A é irmão de B, logo, B é irmão de A).

Figura 3. Exemplo de relação não direcional.

O número máximo de ligações possíveis em uma rede não direcional é definido pela seguinte expressão:

$$L = \frac{g(g-1)}{2} \tag{2}$$

Por fim, outra propriedade importante nas relações é se são dicotômicas ou valoradas (Wasserman & Faust, 1994, p. 44). As relações dicotômicas podem assumir somente dois valores, normalmente 1 ou 0, que indicam, respectivamente, a presença ou ausência de uma relação entre dois agentes. As relações valoradas ou ponderadas podem assumir uma série de valores que podem indicar a intensidade da relação entre dois agentes (Wasserman & Faust, 1994, p. 140-142; Nooy *et al.*, 2005, p. *xxiv*; Müller-Prothmann, 2007), sendo que em uma relação não direcional a intensidade é representada por um único valor em cada díade, ao passo que, para uma relação direcional a intensidade pode ser representada por dois valores distintos para cada díade ordenada, conforme pode ser observado na FIG. 4.

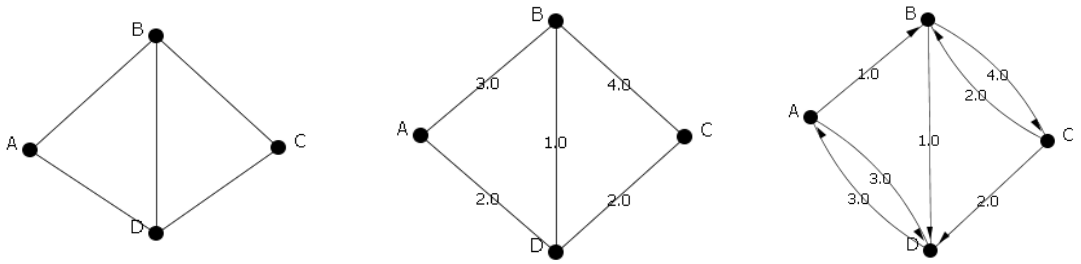


Figura 4. Exemplos de relações dicotômicas e valoradas para redes não direcionais e direcionais.

3.3.3. Indicadores de ARS

Indicadores permitem avaliar a importância ou os papéis que um agente ou um grupo de agentes pode ter ou desempenhar em função de seu posicionamento na estrutura social.

Com o uso de indicadores apropriados podemos determinar, entre outras coisas: (a) os agentes mais proeminentes e ativos em colaboração na rede de desenvolvimento de trabalhos científicos do IPEN; (b) aqueles que desempenham um papel chave em aglutinar grupos disjuntos e (c) os que, teoricamente, são irradiadores de informações e conhecimentos para uma gama maior de agentes. Na sequência, são apresentados os indicadores que foram utilizados neste trabalho.

Centralidade. A ideia de centralidade foi introduzida por Bavelas entre as décadas de 40 e 50 (Freeman, 1978; Wasserman & Faust, 1994, p. 173; Scott, 2000, p. 82).

A centralidade no estudo de ARS é útil para determinar a importância de um agente na estrutura social da rede. É uma medida para avaliar à coesão, pois, retrata a proeminência dos agentes em uma rede (Racherla & Hu, 2010). Ainda segundo os mesmos autores, a proeminência deveria considerar os caminhos diretos e indiretos que conectam os agentes na rede. Um autor é considerado proeminente se refletir uma maior visibilidade para outros autores na rede (Knoke & Yang, 2008).

Elevados índices de centralidade indicam que um determinado agente usufrui de um alto poder de interação com vários agentes na rede ou a sua posição na estrutura social da rede pode proporcionar-lhe privilégios sobre os demais agentes.

Portanto, conclui-se que os agentes que ocupam uma posição central na rede podem representar uma fonte rica para irradiar informação e conhecimento para um conjunto maior de agentes na rede.

Acentua-se que algumas métricas ou indicadores de rede diferem quando aplicadas para redes direcionais e não direcionais. No caso, por exemplo, das centralidades de grau, de proximidade e de intermediação, nas relações direcionais, considera-se a orientação nas relações entre um par de agentes e, portanto, o seu cálculo deve refletir as conexões de entrada (*in-degree*) e de saída (*out-degree*).

Para as expressões abaixo, utilizou-se como referência o trabalho de Wasserman & Faust (1994).

Centralidade de grau (*degree centrality*). Corresponde ao número de agentes que são adjacentes ou que interagem diretamente com um determinado agente (dois agentes são adjacentes quando estão diretamente conectados). Por exemplo, no sociograma da FIG. 1 os agentes D e G são adjacentes ao agente A e, o agente F é adjacente aos agentes D e G, mas não ao agente A. Analogamente, a centralidade de grau (*CG*) de um agente, denotado por $d(n_i)$, corresponde ao número de linhas que são adjacentes a ele, podendo variar de 0, quando não há qualquer agente adjacente a um determinado agente, que neste caso é considerado isolado, à $g - 1$ que corresponde ao número máximo de conexões possíveis para um agente.

Como destacado anteriormente, no caso de relações direcionais devem-se considerar as linhas que são incidentes ao agente n_i e as linhas que são originárias do agente n_i, sendo, no caso da centralidade de grau, computadas duas métricas autônomas que correspondem às linhas incidentes e originárias, respectivamente, *out-degree centrality* e *in-degree centrality*.

A centralidade de grau é obtida com base na expressão:

$$CG(n_i) = d(n_i) \tag{3}$$

Para facilitar a comparação com outras redes de tamanhos distintos, a medida pode ser normalizada utilizando-se a seguinte expressão:

$$C'G(n_i) = \frac{d(n_i)}{g - 1} \tag{4}$$

A centralidade de grau de um agente pode ser um indicador dos agentes mais prolíficos em um processo de transferência e preservação de conhecimento.

Centralidade de proximidade (*closeness centrality*). Mede o quão próximo um determinado agente se encontra para se conectar com os demais agentes na rede, ou seja, esse agente terá melhores condições de interagir com os demais agentes sem a

necessidade de muitos intermediários. Agentes que possuem uma alta centralidade de proximidade estão localizados próximos ao "centro" do grafo (Barbosa *et al.*, 2011).

Considerando $d(n_i,n_j)$ a distância geodésica interligando os agentes n_i e n_j a seguinte expressão pode ser utilizada para calcular a centralidade de proximidade (*CP*) para relações direcionais e não direcionais:

$$CP(n_i) = \left[\sum_{j=1}^{g} d(n_i, n_j)\right]^{-1} \tag{5}$$

Da mesma forma que a centralidade de grau, ela pode ser normalizada:

$$C'P(n_i) = (g-1)C_P(n_i) \tag{6}$$

A ideia é que a centralidade de proximidade está inversamente relacionada à distância entre os agentes. Desta forma, se o tamanho do caminho geodésico que interliga um agente aos demais agentes na rede aumenta, a centralidade de proximidade diminui, partindo do pressuposto que haverá mais caminhos geodésicos entre essas conexões (Wasserman & Faust, 1994, p. 184).

Um **caminho geodésico** corresponde à menor distância que interliga dois nós em um grafo. Observando o sociograma da FIG. 1, podemos verificar que a distância geodésica entre os agentes `A` e `D` é 1, já que são adjacentes, e a distância geodésica entre os agentes `A` e `H` é 2, visto que há um salto através do agente `G`.

Centralidade de intermediação (*betweenness centrality*). Corresponde ao número de caminhos geodésicos permeados por um determinado nó (Otte & Rousseau, 2002; Yan & Ding, 2009). Baseia-se nos agentes que estão posicionados nos caminhos geodésicos que conectam dois agentes não adjacentes atuando como uma ponte para as interações. Neste caso, este agente intermediário tem potencial para influenciar e estar ciente do fluxo de informação que envolve esses dois agentes não adjacentes.

Este indicador é calculado pela razão entre o número de caminhos geodésicos que passa pelo agente n_i para conectar o par de agentes j e k, definido como $g_{jk}(n_i)$, e o total de caminhos geodésicos conectando os agentes j e k, definido como g_{jk}. Então, a

expressão para calcular a centralidade de intermediação (*CI*) para ambas as relações, direcionais e não direcionais, é:

$$CI(n_i) = \sum_{j<k} \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}} \tag{7}$$

A normalização desse indicador:

$$C'I(n_i) = \frac{C_I(n_i)}{\left[\frac{(g-1)(g-2)}{a}\right]} \tag{8}$$

Sendo: $a = \begin{cases} 1, \text{ para relações direcionais;} \\ 2, \text{ para relações não direcionais.} \end{cases}$

Esta é uma métrica que pode apontar a vulnerabilidade de uma rede, uma vez que, se a rede apresenta poucos agentes com alto grau de intermediação, a remoção de qualquer um desses agentes pode criar grupos disjuntos tornando a rede fragmentada.

Centralidade de autovetor (*eigenvector centrality*). A centralidade de grau de um agente, descrita anteriormente, considera que um agente é central na rede pela quantidade de conexões diretamente relacionadas a ele. Entretanto, Bonacich (Prell, 2012, p. 45; Lohmann *et al.*, 2010), formulou uma nova alternativa para o conceito de centralidade, designada de centralidade de autovetor.

A centralidade de autovetor (*CA*) considera que as conexões de um agente devem ser diferenciadas em função do grau de centralidade dos agentes que são seus adjacentes.

A ideia fundamental que se pode extrair é que um agente terá sua centralidade de autovetor tanto maior quanto mais relações tiver com outros agentes na rede que tem elevada centralidade de grau (Prell, 2012, p. 101-103; Bonacich & Lloyd, 2001; Kilduff & Tsai, 2003, p. 30).

Coeficiente de agrupamento (*clustering coefficient*). É a probabilidade em que dois agentes adjacentes a um agente específico, também, são adjacentes entre si, ou seja, é definido como a densidade da rede ego de um determinado agente. Em outras palavras, corresponde à razão entre o número de tríades existentes e o número máximo de tríades possível, sempre em função de um agente específico e seus agentes adjacentes.

Como exemplo, considere novamente o sociograma da FIG. 1. Observe que o agente `A` tem somente dois agentes adjacentes, `D` e `G`, que também são adjacentes entre si formando a tríade `ADG`. Portanto, o máximo de tríades possível é 1 e como a tríade `ADG` está formada, o coeficiente de agrupamento para o agente A também é 1. Agora, observe que o agente `G` tem cinco agentes adjacentes, `A`, `C`, `D`, `F` e `H`. Neste caso, o número máximo de tríades possível é 10 e como o número de tríades formadas é 3, o coeficiente de agrupamento é $\frac{3}{10}$.

O coeficiente de agrupamento varia de 0, quando nenhum dos agentes adjacentes a um agente específico estão conectados, a 1, quando todos os agentes adjacentes estão conectados entre si.

Considere $V_i = \{v_1, v_2, \ldots, v_k\}$ o conjunto de agentes adjacentes ao agente n_i e L_i o número de arestas presentes conectando esses agentes adjacentes, ou seja, vizinhos do agente n_i. Pode-se definir o coeficiente de agrupamento (*CC*) como:

$$CC(n_i) = \frac{L_i}{\frac{k(k-1)}{a}} \tag{9}$$

Sendo: $a = \begin{cases} 1, \text{ para relações direcionais;} \\ 2, \text{ para relações não direcionais.} \end{cases}$

O coeficiente de agrupamento avalia a probabilidade de um conjunto de agentes se agregarem formando grupos coesos ou *cliques*.

Boundary spanners. Um agente que desempenha o papel de intermediário, estabelecendo uma ponte entre grupos na rede em que há pouca redundância de conexões. Este agente desempenha um papel chave na rede, já que a sua remoção irá gerar grupos

disjuntos causando uma maior fragmentação da rede. Normalmente, agentes com centralidade de intermediação elevada tem grande probabilidade de serem também *boundary spanners*.

Boundary spanners podem desempenhar um papel importante, facilitando o processo de transferência de conhecimento entre grupos espalhados por diversas áreas de uma organização (Cross & Prusak, 2002; Hustad, 2007; Müller-Prothmann, 2007).

Densidade. A densidade de uma rede representa a quantidade de conexões existentes entre os agentes em comparação com a quantidade máxima de conexões possíveis entre esses agentes (Kilduff e Tsai, 2003, p. 30; Scott, 2000, p. 71; Hanneman & Riddle, 2005; Wasserman & Faust, 1994, p. 102). Em geral, a densidade está correlacionada positivamente com a coesão, ou seja, quanto mais conectada, provavelmente, mais coesa será a rede. A densidade da rede captura a ideia de coesão, visto que quanto maior a densidade maior a coesão da rede (Racherla & Hu, 2010).

Valores de densidade próximos de 1 indicam uma rede mais densa, em que todos os seus membros estão melhores conectados (Chung *et al.*, 2005; Bienenstock *et al.*, 1990; Wasserman & Faust, 1994, p. 101; Scott, 2000, p. 71).

Para calcular a densidade (*D*) utiliza-se a expressão:

$$D = \frac{L}{\frac{g(g-1)}{a}} \tag{10}$$

Sendo: $a = \begin{cases} 1, \text{ para relações direcionais;} \\ 2, \text{ para relações não direcionais.} \end{cases}$

Componentes. Uma rede é considerada conectada se todos os agentes são alcançáveis, isto é, existe um caminho entre qualquer par de agentes (Wasserman & Faust, 1994, p. 109).

Um componente consiste de subgrupos da rede, no qual todos os agentes em cada subgrupo são alcançáveis direta ou indiretamente. Grupos de agentes disjuntos ou isolados são contabilizados como componentes. Esta é uma medida que pode indicar a

fragmentação e a coesão da rede, visto que, quanto maior o número de componentes maior a fragmentação e menor a coesão da rede.

Diâmetro. Corresponde ao maior caminho geodésico que conecta qualquer par de agentes, revelando os agentes que estão posicionados nas extremidades da rede. É uma medida relacionada à excentricidade de um agente e, varia de 1 quando um agente é adjacente a todos os outros agentes a um valor máximo representado por $g - 1$ (Wasserman & Faust, 1994, p. 111-112). Se a rede não está conectada, ou seja, o diâmetro é considerado infinito ou indefinido (Wasserman & Faust, 1994, p. 112).

Assumindo $max(d_g(n_i,n_j))$ como a maior distância geodésica entre os agentes n_i e n_j, o diâmetro da rede $(diam_G)$ pode ser definido como:

$$diam_G = \max(d_g((n_i, n_j)) \tag{11}$$

O diâmetro é importante porque revela a maior distância que uma informação irá percorrer na rede (Wasserman & Faust, 1994, p. 112).

Cliques. Corresponde a um subgrafo completo com um mínimo de três agentes em que todos são adjacentes entre si, e não há qualquer outro agente que satisfaça essa condição de adjacência para todos os membros do *clique* (Wasserman & Faust, 1994, p. 254; Scott, 2000, p. 114-115).

Um *clique* pode identificar grupos ou subgrupos coesos na rede. Em redes extensas é comum a presença de *cliques* de três ou quatro membros; contudo, a ausência de *cliques* com um número maior de membros pode ocasionar prejuízos ao cenário de colaboração (Barroso *et al.*, 2010).

3.4. Aspectos gerais de modelagem por equações estruturais

3.4.1. Conceitos fundamentais

Hair Jr. *et al.* (2009, p. 545) definem modelo como:

"Um modelo é uma representação de uma teoria. Uma teoria pode ser imaginada como um conjunto sistemático de relações que fornecem uma explicação consistente e abrangente de fenômenos".

Com base nessa definição pode-se inferir que um modelo é uma tentativa de delineamento de uma ideia com o intuito de descrever ou representar um fenômeno da realidade. Como os fenômenos da realidade, geralmente, se apresentam nas mais variadas formas de complexidade, o esboço de modelos ajuda a aproximar, o máximo possível, a ideia da realidade. É neste contexto que a modelagem por equações estruturais se apresenta como uma ferramenta consistente para a avaliação de modelos. Portanto, a modelagem por equações estruturais depende inicialmente da especificação de um modelo a ser estimado (Hoyle, 1995, p. 2; Hoyle, 2011, p.16; Kline, 2011, p. 91-93; Maruyama, 1998).

A modelagem por equações estruturais (MEE), do termo inglês *Structural Equation Modeling* (SEM), é uma técnica estatística multivariada que combina análise fatorial confirmatória e regressões lineares que permite examinar um modelo teórico ou conceitual, caracterizado por uma série de hipóteses que serão testadas para descrever as relações de dependência entre variáveis observadas e variáveis latentes, assim como entre as próprias variáveis latentes. MEE é uma técnica para estimar e avaliar modelos de relacionamentos lineares entre variáveis observadas e variáveis latentes (Shah & Goldstein, 2006; Haenlein & Kaplan, 2004; Schumacker & Lomax, 2010, p. 2-4; Hair Jr. *et al.*, 2010, p. 616-618; Hoyle, 1995, p. 3).

Um modelo baseado em MEE consiste de variáveis observadas (representadas no modelo na forma de retângulos), conhecidas também como variáveis manifestas, variáveis medidas ou indicadores (Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 543-544; Shah & Goldstein, 2006; Haenlein & Kaplan, 2004), e variáveis latentes (representadas na forma de elipses), também referidas como construtos ou fatores (Schumaker & Lomax, 2004, p. 3; Hair Jr. *et al.*, 2010, p. 616-617). As variáveis observadas podem ser obtidas por meio de vários métodos de coleta de dados, por exemplo, questionários. As variáveis latentes representam

um conceito abstrato, como inteligência ou motivação, e não podem ser medidas ou observadas diretamente, mas podem ser mensuradas por meio de um conjunto de variáveis observadas.

As variáveis observadas, quando usadas para mensurar um construto, são tratadas como indicadores reflexivos ou formativos (Hoyle, 2011). De acordo com a definição de Hair Jr. *et al.* (2009, p. 598-599), nos indicadores reflexivos presume-se que os construtos são a causa das variáveis observadas e, portanto, as setas são direcionadas do construto para as variáveis observadas; os indicadores formativos amparam na ideia de que as variáveis observadas são a causa do construto e, neste caso, as setas são dispostas de forma inversa dos indicadores reflexivos. Nota-se uma relação causal entre variáveis observadas e variáveis latentes. A FIG. 5 apresenta as características que diferenciam um modelo especificado com indicadores reflexivos de outro especificado com indicadores formativos.

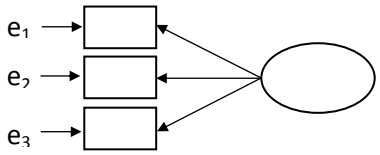
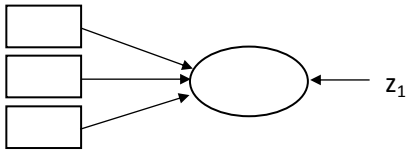
Modelo reflexivo	**Modelo formativo**
	
A direção de causalidade é do construto para os indicadores; Alterações no construto afetam, simultaneamente, todos os indicadores; Os indicadores associados com um construto devem ser correlacionados e apresentar consistência interna; A omissão de um indicador no modelo não altera o significado do construto; Os erros (e) de mensuração são apurados para cada indicador.	A direção de causalidade é dos indicadores para o construto; Cada indicador captura um aspecto específico do domínio do construto, determinando o significado do construto; O modelo não requer que os indicadores sejam correlacionados; A omissão de um indicador no modelo pode alterar o significado do construto; Os erros (z) de mensuração são apurados no nível do construto.

Figura 5. Características diferenciais entre os modelos reflexivos e formativos.

(adaptado de Jarvis et al., 2003; Hair Jr. et al., 2014, p. 42-43).

Nota: Os erros (e_x e z_1) correspondem às variâncias residuais que não foram explicadas pelo modelo (Hair Jr. *et al.*, 2014, p. 12; Kline, 2011, p. 9-10).

Em MEE, independente do tipo, as variáveis podem ser definidas como exógenas ou endógenas. As variáveis exógenas (ou variáveis independentes) são aquelas que não são influenciadas por qualquer outra variável no modelo e atuam como preditoras para outros construtos. De modo contrário, as variáveis endógenas (ou variáveis dependentes) são as que sofrem influência de outras variáveis no modelo.

A avaliação de um modelo em MEE deve considerar dois submodelos que caracterizam como as variáveis se relacionam – modelo de mensuração e modelo estrutural. O modelo de mensuração avalia como a associação de um conjunto de variáveis observadas (indicadores) representa um determinado construto, ao passo que, o modelo estrutural indica como um determinado construto influencia direta ou indiretamente outros construtos no modelo (Byrne, 2001, p. 12-13). Normalmente, essas relações que compõe os modelos de mensuração e estrutural são demonstradas de forma visual conhecida como diagrama de caminhos (Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 545). A FIG. 6 apresenta a estrutura resumida de um modelo baseado em MEE.

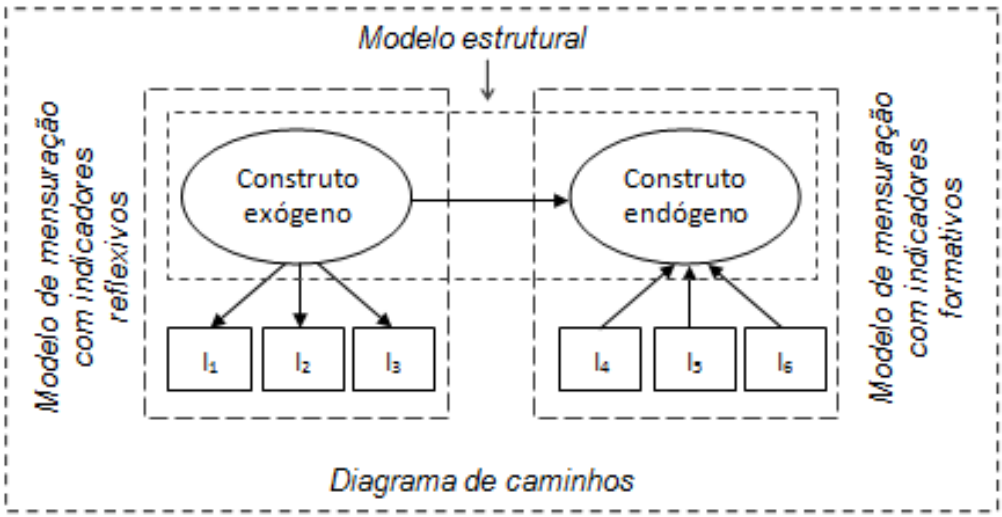


Figura 6. Estrutura resumida de um modelo MEE.

Fonte: próprio autor.

3.4.2. Mínimos quadrados parciais

A MEE disponibiliza duas abordagens que podem ser empregadas para estimar os parâmetros definidos para um modelo: MEE baseada em covariância (*covariance-base structural equation modeling* – CB-SEM), é mais adequada quando o objetivo da pesquisa é testar e confirmar uma teoria e a MEE baseada em variância (*partial least square structural equation modeling* – PLS-SEM), é mais recomendável quando o objetivo da pesquisa é desenvolver e testar teorias no campo exploratório (Hair Jr. *et al.*, 2014, p. 4; Hair *et al.*, 2011; Wong, 2013; Haenlein & Kaplan, 2004).

Desenvolvido como uma alternativa à CB-SEM, PLS-SEM é uma abordagem que emprega a modelagem causal com a finalidade de maximizar a variância explicada de construtos endógenos (Hair *et al.*, 2011). A maximização da variância explicada é obtida estimando os melhores escores fatoriais para cada bloco de indicadores correspondente a cada construto (Chin & Newsted, 1999, p. 312-313). Assim como a CB-SEM, PLS-SEM pode ser utilizado para a confirmação de um modelo conceitual e, também, para propor modificações na configuração dos relacionamentos definidos para o modelo original (Chin & Newsted, 1999, p. 313).

O PLS-SEM apresenta as seguintes vantagens:

i. Estima o modelo estrutural e o modelo de mensuração simultaneamente (Chin *et al.*, 2003; Bido *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2011);
ii. Não impõe restrições quanto à normalidade dos dados (Chin *et al.*, 2003; Henseler & Ringle, 2007);
iii. Flexível quanto ao tamanho da amostra (Hair *et al.*, 2011);
iv. Modelos complexos com muitas variáveis latentes e indicadores (Hair *et al.*, 2011; Chin & Newsted, 1999, p. 313; Henseler & Ringle, 2007);
v. Adequado para o desenvolvimento de teorias (Hair *et al.*, 2011);

Wetzels *et al.* (2009), observaram que as aplicações e pesquisas envolvendo o uso de PLS-SEM ainda eram limitadas. No Brasil, pode-se afirmar que essa condição ainda era mais aguda, visto que, estudos que utilizam PLS (*partial least square)* em suas análises continuavam bastante inexplorados, mas que por outro lado, surge como uma grande

oportunidade aos pesquisadores que desejam conduzir suas pesquisas neste campo. Bido *et al.* (2012) faz um retrato da quantidade de publicações que utilizaram MEE relatados em vários periódicos nacionais.

Neste trabalho, usou-se a PLS-SEM para avaliar o modelo conceitual cuja finalidade é mensurar a propensão de uma pessoa em colaborar com outras pessoas em projetos de P&D, com base em um conjunto de variáveis observadas, obtidas por meio da aplicação de um questionário, que retratam aspectos pessoais e sócio-organizacionais.

3.5. Colaboração em P&D

A colaboração em P&D é um tema que tem despertado bastante interesse (Lee & Bozeman, 2005; Hara *et al.*, 2003; Luukkonen *et al.*, 1992; Parreiras *et al.*, 2006; Pike, 2010; Kastelle & Steen, 2010; Bukvova, 2010; Sonnenwald, 2007; Oliveira & Grácio, 2008; Birnholtz, 2007; Katz & Martin, 1997), particularmente, a contextualização da colaboração na formação de redes sociais e como esse binômio pode apresentar-se como sinônimo de vantagem competitiva para pessoas e organizações.

As pesquisas científicas são dominadas por problemas complexos que exige dos pesquisadores um amplo conhecimento multidisciplinar e, como, nenhum pesquisador possui todos os conhecimentos e habilidades requeridas (Hara *et al.*, 2003), a colaboração científica torna-se um fenômeno importante para a resolução desses problemas.

Há várias abordagens que podem ser examinadas para caracterizar e entender esse fenômeno complexo que envolve a natureza das interações humanas (Katz & Martin, 1997):

- A questão de como medir colaboração científica (sendo o procedimento mais utilizado baseado em coautoria);
- Os fatores que estimulam a formação de redes de colaboração científica;
- O papel da comunicação e os efeitos da proximidade física e social na propensão para colaboração;
- Os efeitos da colaboração sobre a produtividade.

A colaboração científica é um processo sócio-técnico que ocorre naturalmente e parece ser uma boa prática para impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a geração, transferência e preservação de conhecimento em organizações de P&D.

Não há uma definição clara do termo colaboração científica (Hu & Racherla, 2008), mas há um consenso que é um processo de interação entre dois ou mais indivíduos para atingir um objetivo comum. Por exemplo, Sonnewald (2007) define colaboração como a interação que ocorre dentro de um contexto social entre dois ou mais pesquisadores que facilita o compartilhamento de significado e a realização de tarefas em relação a uma meta compartilhada. Katz & Martin (1997) definem colaboração como o trabalho conjunto entre pesquisadores para atingir um objetivo comum de produzir novos conhecimentos.

Há várias razões pelas quais os pesquisadores colaboram para o desenvolvimento de um trabalho de P&D, conforme pode ser observado na TAB. 1 (Beaver, 2001).

Tabela 1. Razões que motivam a colaboração em P&D.

a) Acesso à expertise; b) Obter acesso a equipamentos, recursos e fundos para projetos de pesquisa; c) Obter prestígio ou visibilidade para avançar profissionalmente e progredir mais rapidamente; d) Para melhorar a produtividade; e) Ampliar a rede de contatos; f) Adquirir novas habilidades ou técnicas;	g) Para satisfazer a curiosidade ou interesses intelectuais; h) Compartilhar a excitação de uma área com outra pessoa; i) Minimizar os erros; j) Reduzir o isolamento, recarregando a energia e o entusiasmo; k) Para educar e orientar um aluno; l) Para melhorar o aprendizado e ampliar o conhecimento.

Fonte: Beaver (2001).

Compartilhando dessas definições consensuais, este trabalho estudará a colaboração científica, com a finalidade de:

i. Fornecer subsídios que auxilie na implantação de iniciativas que promovam a transferência e a preservação de conhecimento em instituições nucleares, uma preocupação manifestada pela AIEA em seu relatório IAEA-TECDOC-1399 de 2004 e, também, pela direção do IPEN e da CNEN, em função da faixa etária de seus trabalhadores;
ii. Trazer uma contribuição teórica e empírica aos estudos relacionados com o tema colaboração científica e ao processo de transferência e preservação de conhecimento.

3.6. Parcerias de colaboração em P&D e trabalhos correlatos

A riqueza de trabalhos disponíveis na literatura procura investigar como as características pessoais, sociais e organizacionais influenciam na formação de vínculos de colaboração e nas relações que são estabelecidas entre as pessoas em contextos sociais distintos.

Mollenhorst *et al.* (2008), citando vários autores, realçam que para muitas atividades a escolha de parceiros é influenciada pelo tipo de contexto social, como família, vizinhança, ambiente de trabalho ou associações voluntárias, e pelas oportunidades e preferências.

Klein *et al.* (2004) examinaram se as características demográficas, os valores e os traços de personalidade (extraído com base no modelo "*big five*" de Goldberg) de uma pessoa influenciam o seu grau de centralidade em uma rede social. Perceberam que pessoas com baixos níveis de neuroticismo e com similaridade de valores entre seus membros adquirem posições de destaque em redes de amizade e de informação. Mais recentemente, Kalish & Robins (2006) realizaram uma pesquisa com 127 estudantes do primeiro ano do curso de psicologia de uma universidade para examinar como as diferenças psicológicas individuais podem influenciar uma pessoa a estruturar seu ambiente social.

Prosseguindo, Burt *et al.* (1998) examinaram o comportamento de uma pessoa em uma estrutura social. Concluíram, por exemplo, que o comportamento de determinadas pessoas posicionadas em redes ricas em "buracos estruturais" tende a ocorrer por mudanças e por aquisição de poder. Já, Lee & Bozeman (2005) realizaram uma pesquisa

com 443 cientistas acadêmicos para examinar os impactos que a colaboração em pesquisas científicas causa na produtividade de publicações.

Outros estudos procuram relacionar o grau de similaridade sócio-demográfica como uma variável que influencia a formação social. Muitos autores assumem que muitas pessoas preferem interagir com outras pessoas similares em idade, grau educacional, estilo de vida etc. (Mollenhorst *et al.*, 2008).

Mais especificamente para o contexto organizacional, Parise *et al.* (2006) utilizaram os conceitos de centralidade para mapear uma estratégia para prevenção e retenção de conhecimento nas organizações. Outro estudo de Cross *et al.* (2000) emprega a metodologia de ARS como uma ferramenta para melhorar a criação e o compartilhamento do conhecimento.

No Brasil, Parreiras *et al.* (2006) aplicaram a metodologia de ARS para analisar descritivamente a rede de coautoria na área da Ciência da Informação. Marteleto (2001) empregou a ARS para estudar o fluxo de informação e as estruturas de comunicação de movimentos sociais localizados no subúrbio da Leopoldina (RJ). A ARS apontou que as pessoas que ocupam posições estratégicas são responsáveis pela dinamização das redes.

Maia & Caregnato (2008) realizaram um estudo utilizando coautoria como um indicador de redes de colaboração científica. Este estudo revelou, entre outros achados, que não havia uma correlação entre o número de colaboradores e a produtividade, visto que, o número de artigos publicado cresceu, ao passo que, o número de colaboradores permaneceu constante no período estudado.

Finalmente, Barroso *et al.* (2010, 2009) estudaram um mecanismo de preservação do conhecimento no IPEN. O estudo revelou uma rede de colaboração espontânea em projetos de pesquisa, baseada em dados efetivos, envolvendo pesquisadores aposentados e ativos. Utilizando-se de técnicas avançadas de análise de redes sociais vários indicadores foram extraídos e examinados para descrever as características, a configuração e a evolução da rede de colaboração ao longo de estágios longitudinais.

Todavia, quando o foco da pesquisa é analisar, sob a perspectiva da MEE, a propensão de um pesquisador em estabelecer vínculos de colaboração com outros

pesquisadores foram encontrados somente dois trabalhos, que utilizando MEE procuram mensurar este conceito abstrato da propensão à colaboração.

Totterdell *et al.* (2008) examinaram as diferenças individuais que influenciam na propensão das pessoas para se conectar com outras pessoas em contextos distintos – no ambiente acadêmico e no organizacional. Essa propensão incorpora três fatores não observáveis diretamente: “fazer amizade”, “fazer conhecidos” e “aproximar pessoas”. Os autores concluíram, por exemplo, que determinados traços de personalidade e a função de uma pessoa em uma organização podem caracterizar os seus relacionamentos. Em nossa visão de redes sociais intuímos que os fatores propostos possam ter capacidade explicativa, respectivamente, para formação de laços fortes, fracos e de intermediação.

Birnholtz (2007), valendo-se de um estudo exploratório com pesquisadores de três áreas acadêmicas distintas, analisou a propensão para colaboração desses pesquisadores considerando duas perspectivas: a social caracterizada por uma orientação individualista ou coletiva, decorrente de um ambiente científico de competição por resultados ou descobertas e a natureza do trabalho em que os pesquisadores estão envolvidos. Os resultados obtidos sugerem que a natureza do trabalho dos pesquisadores explica melhor a propensão para colaboração. Entretanto, segundo o autor, essas diferenças não ficaram evidentes.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia é uma etapa da pesquisa que deve circunscrever o objeto em estudo, atrelando-se à natureza, amplitude e aos objetivos da investigação. Segundo Quivy & Campenhoudt (1992, p. 41), em ciências sociais, em geral, o objetivo não é só descrever, mas compreender a ocorrência dos fenômenos.

O presente trabalho classifica-se como uma pesquisa do tipo descritiva que se aproxima da explicativa, uma vez que, visa compreender ou familiarizar-se com as características pessoais e sociais de uma determinada população, por meio do correlacionamento de variáveis, para tentar explicar a propensão para colaboração no desenvolvimento de trabalhos de P&D.

Gil (2008, p. 28) caracteriza pesquisa descritiva e explicativa como:

> *"As pesquisas do tipo descritiva têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno e o estabelecimento de relações entre variáveis. Algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação de relações entre variáveis, pretendendo determinar a natureza dessa relação. Neste caso tem-se uma pesquisa descritiva que se aproxima da explicativa. A pesquisa explicativa tem como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos."*

Cervo *et al.* (2007, p. 61-62) ilustram que uma pesquisa descritiva concentra-se em observar, registrar, analisar e correlacionar fenômenos ou fatos, sem interferir no ambiente analisado, buscando interpretar situações que ocorrem, fundamentalmente, em relação a aspectos humanos e sociais. Portanto, é adequada para pesquisas nas áreas de ciências humanas e sociais.

4.1. Universo da pesquisa

Em uma pesquisa de caráter social o primeiro ponto a se considerar é a observação do grupo social objeto da pesquisa e do ambiente no qual o fato social ocorre (Parra & Santos, 2003, p. 104-105). Seguindo esta linha de contextualização definiu-se

como grupo social, intitulado neste trabalho como **autores do conhecimento**, ou simplesmente, **autores**, que na terminologia de ARS são representados como agentes ou atores, toda a comunidade de pesquisadores, tecnologistas, analistas e técnicos do IPEN - ativos (não aposentados) e aposentados – que por meio de suas **interações de colaboração** geram ou aperfeiçoam novos conhecimentos, metodologias, processos, bem como desenvolvem novos produtos e serviços. Este processo de interações de colaboração apresenta-se, ainda, como um importante aliado, principalmente, para instituições de pesquisa cujo maior desafio está em transferir e preservar todo o portfólio de conhecimento gerado por seus autores.

A escolha desse grupo social deveu-se principalmente:

i. Às particularidades do instituto como um centro de pesquisas de excelência nas áreas de energia nuclear e correlatas;
ii. À importância do público alvo como fomentador de conhecimento;
iii. Às evidentes preocupações manifestadas pela AIEA e pelo próprio instituto, mencionadas anteriormente;
iv. Por fim, à viabilidade de coleta dos dados.

A delimitação da população a ser estudada está condizente com a abordagem "nominalista" descrita por Laumann *et al.* (1989, p. 64-67), a qual define a população com base nos interesses do pesquisador e da pesquisa.

Isso posto, 568 autores foram selecionados da base de dados de produção técnico-científica do IPEN, ou seja, esses autores realizaram algum trabalho que gerou uma publicação técnico-científica no período de 2001 a 2010. A FIG. 7 exibe várias características demográficas relacionadas a esses autores.

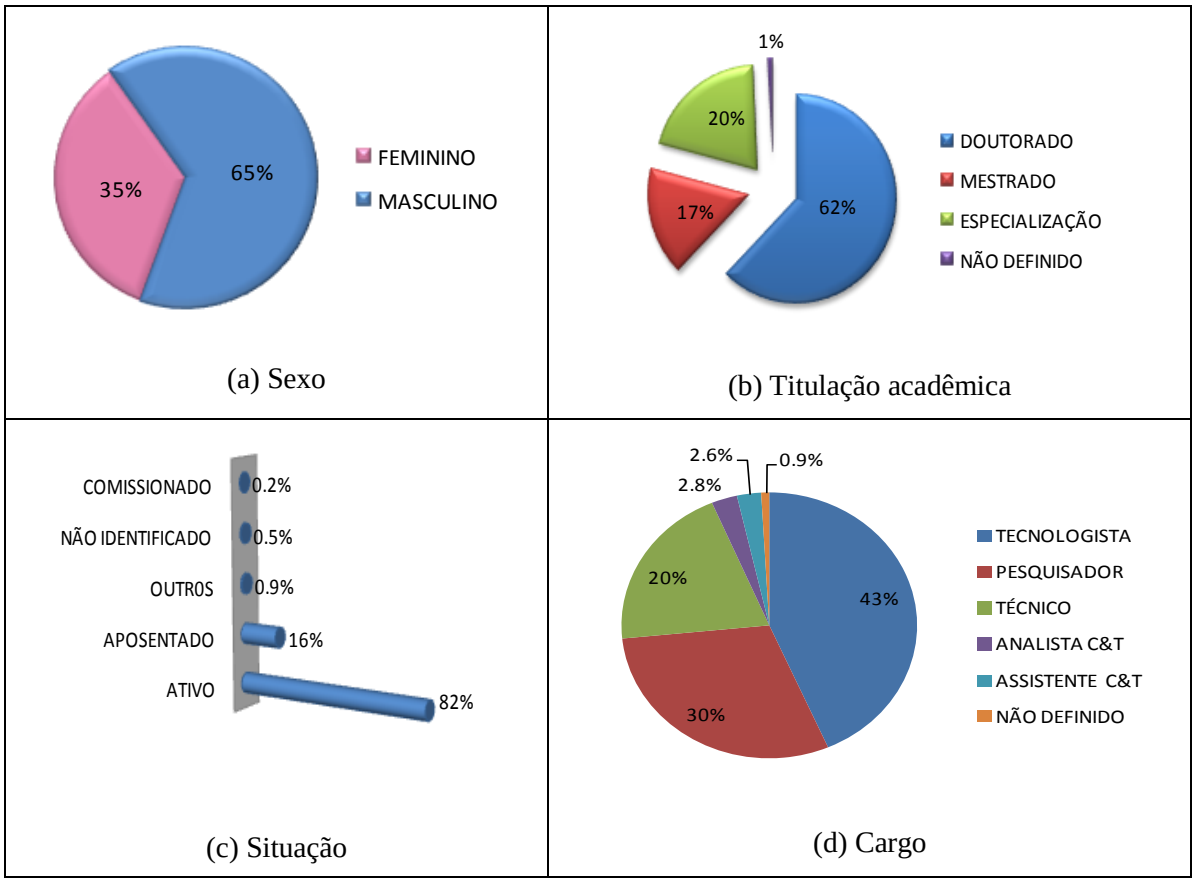


Figura 7. Características demográficas dos autores do IPEN.

Uma preocupação cada vez maior, que "tira o sono" dos gestores da CNEN e do IPEN, e os reflexos que isso poderá causar à continuidade das atividades dessas duas instituições, refere-se à faixa etária de seus colaboradores.

A tendência apresentada na FIG. 8 representa a faixa etária dos autores no último dia de cada biênio, por exemplo: no biênio 2001/2002 representa a idade dos autores em 31/12/2002; no biênio 2003/2004 a idade em 31/12/2004 e assim para os demais biênios. Desta forma, se em 2009/2010 uma parcela significativa, 57% aproximadamente, dos autores do IPEN apresentava uma faixa etária acima dos 50 anos e como não ocorreu uma política efetiva de renovação dessa mão de obra, justifica a preocupação dos gestores do IPEN, já que, a cada ano que se passa há uma concentração ainda maior de autores na faixa etária acima dos 50 anos, ampliando cada vez mais a probabilidade de aposentadorias.

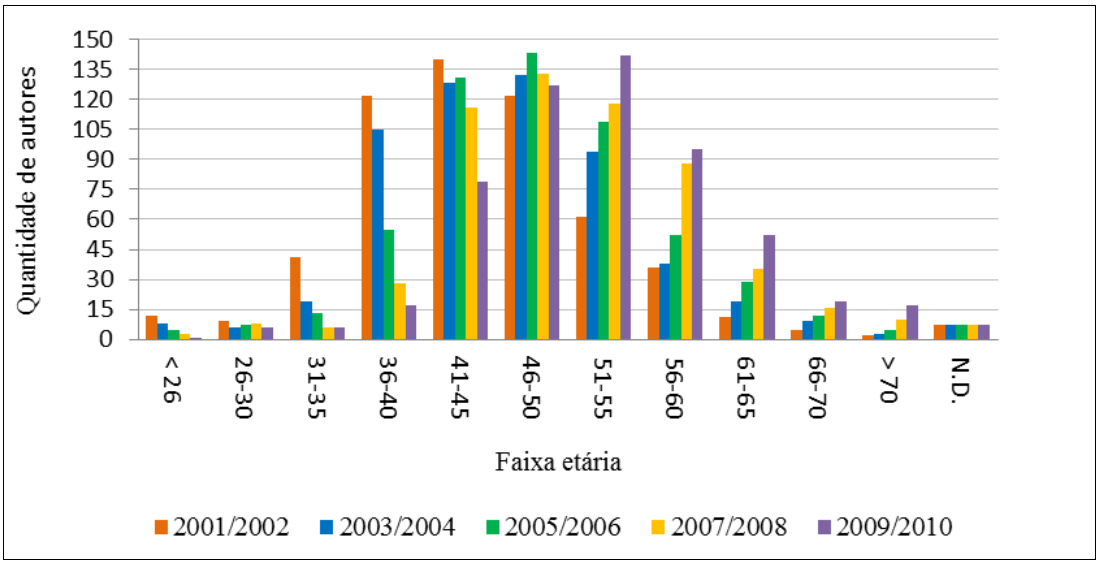


Figura 8. Faixa etária dos autores do IPEN.

4.2. Abordagem Metodológica

O presente trabalho utiliza duas abordagens metodológicas para alcançar os objetivos propostos:

(a) Usa o paradigma da ARS e parte de variáveis observáveis objetivas, coletadas em bases de dados de publicações técnico-científicas e de recursos humanos do IPEN. Nesta vertente, também usando técnicas quantitativas, foram produzidos um grande conjunto de indicadores de proeminência, centralidade, intermediação *etc*, tanto no nível individual, que representa os atores, como no nível de agrupamentos (componentes, *cliques etc*) e da rede (densidade, fragmentação, distância média *etc*).

(b) Sob o enfoque da MEE, estudar a propensão à colaboração em ambientes de P&D, focalizando nos atributos e características pessoais e no contexto social, dentro de uma organização específica – o IPEN. Os atributos e características pessoais serão atrelados a fatores **cognitivos**, **emocionais** e **culturais**, ao passo que, o contexto social é configurado por fatores **estruturais** e **circunstanciais** relacionados aos centros e/ou áreas de pesquisa do instituto. Vários são os fatores que motivam os pesquisadores a estabelecerem um vínculo de colaboração para o desenvolvimento de um trabalho de pesquisa (ver Bukvova, 2010; Rijnsoever & Hessels, 2011). Inúmeras pesquisas apontam que muitos pesquisadores tendem a colaborar com o propósito de obter

acesso à expertise e recursos, e a construção de uma carreira de renome (Birnholtz, 2007). A **propensão à colaboração**, neste trabalho, é a principal variável latente ou construto e será avaliada por outras variáveis latentes e observáveis fundamentadas em aspectos relacionados a fatores pessoais e sociais, mencionados anteriormente.

A presente pesquisa apresenta dois aspectos inéditos na literatura:

i. A combinação da técnica de ARS que partindo de dados objetivos (colaboração em artigos ao longo de 10 anos) identifica as redes de colaboração no IPEN, sua evolução temporal, seus atores centrais, os grupos mais ativos, entre outras informações que atendam aos propósitos deste trabalho, com a técnica de MEE que a partir de um modelo conceitual e respectiva pesquisa de opinião procura explicar as razões que tornam um pesquisador mais central ou influente;

ii. A natureza do modelo conceitual proposto que modifica e adiciona elementos ao que é encontrado na literatura.

Por entender que a riqueza de abordagens e modelos contribui definitivamente para o entendimento da realidade, mesmo sabendo que os problemas e fenômenos reais são normalmente muito mais complexos e ricos em detalhes do que os modelos que usamos para analisá-los e compreendê-los. Desta forma, é natural que de acordo com o interesse principal da pesquisa, modelos de uma determinada abordagem podem funcionar melhor que outros. A pesquisa em questão faz uso complementar de modelos das duas abordagens para conseguir explicar itens distintos dos objetivos, conforme será explicado adiante. Basicamente, a ARS foi usada para explicar e entender o desempenho dos autores do IPEN no processo de geração, transferência e disseminação de conhecimento e tecnologia, ao passo que, hipóteses estatísticas foram testadas para verificar a efetividade destas explicações. Por outro lado, a análise do que faz com que certos autores acabem ocupando posições privilegiadas na estrutura das redes de colaboração é feita através da abordagem clássica. Nesta parte da análise, nosso foco voltou-se para o conceito de “propensão à colaboração”. Finalmente, hipóteses sobre o poder explicativo conjunto das duas abordagens, no problema específico tratado nesta pesquisa, foram formuladas e testadas.

4.3. Definição do modelo conceitual

Tentando promover uma compreensão sintetizada das pesquisas mencionadas anteriormente, pode-se dizer que a propensão de uma pessoa para colaborar com outra ou formar uma parceria é algo que pode ser função dos seguintes fatores: (a) os traços pessoais como um fator de estímulo ou de inibição ao processo de interação; (b) o ambiente ou a estrutura social em que a pessoa está inserida; (c) fatores relacionados às oportunidades de crescimento pessoal ou profissional.

As características comportamentais de uma pessoa podem favorecer ou dificultar o processo de colaboração. Para avaliar como um autor se classifica comportamentalmente e como esse aspecto da personalidade afeta a propensão à colaboração, ao modelo proposto foi incorporado o modelo desenvolvido por Totterdell *et al.* (2008), que examinou as diferenças individuais que influenciam na propensão das pessoas para se conectar com outras pessoas em contextos distintos – acadêmico e organizacional. Essa propensão agrega três fatores latentes: “fazer amizade”, “fazer conhecidos” e “aproximar pessoas”.

Os demais construtos, pessoais, culturais e circunstanciais, incorporados ao modelo proposto, procura entender, conceitualmente, o que torna as pessoas mais atraentes como colaboradoras em pesquisas. Borges & Baranauskas (2004) e Olivera & Straus (2004) argumentam que as habilidades cognitivas e sociais são fatores importantes que influenciam o ambiente de colaboração.

Com base nessas definições e nos dados coletados, propôs-se o modelo conceitual apresentado na FIG. 9, na qual se observa que a propensão à colaboração é determinada pelas características percebidas nos construtos preditores mencionados.

A partir da definição e consolidação do modelo que procura avaliar a propensão de um autor em estabelecer vínculos de colaboração com outro autor, estabelece-se uma associação com a posição estrutural que os autores ocupam na rede de colaboração em P&D do IPEN, para verificar o quanto a propensão à colaboração explica essa posição estrutural que os autores ocupam na rede. A posição estrutural na rede, definida como um construto endógeno foi mensurada pelos seguintes indicadores de ARS: centralidade de grau, centralidade de autovetor, centralidade de proximidade, centralidade de intermediação e *cliques*.

Os indicadores que mensuram os construtos definidos no modelo foram estipulados como reflexivos, visto que, em ciências sociais são mais comuns modelos com indicadores reflexivos porque se adaptam melhor com construtos relacionados à personalidade, atitudes e intenções comportamentais (Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 599).

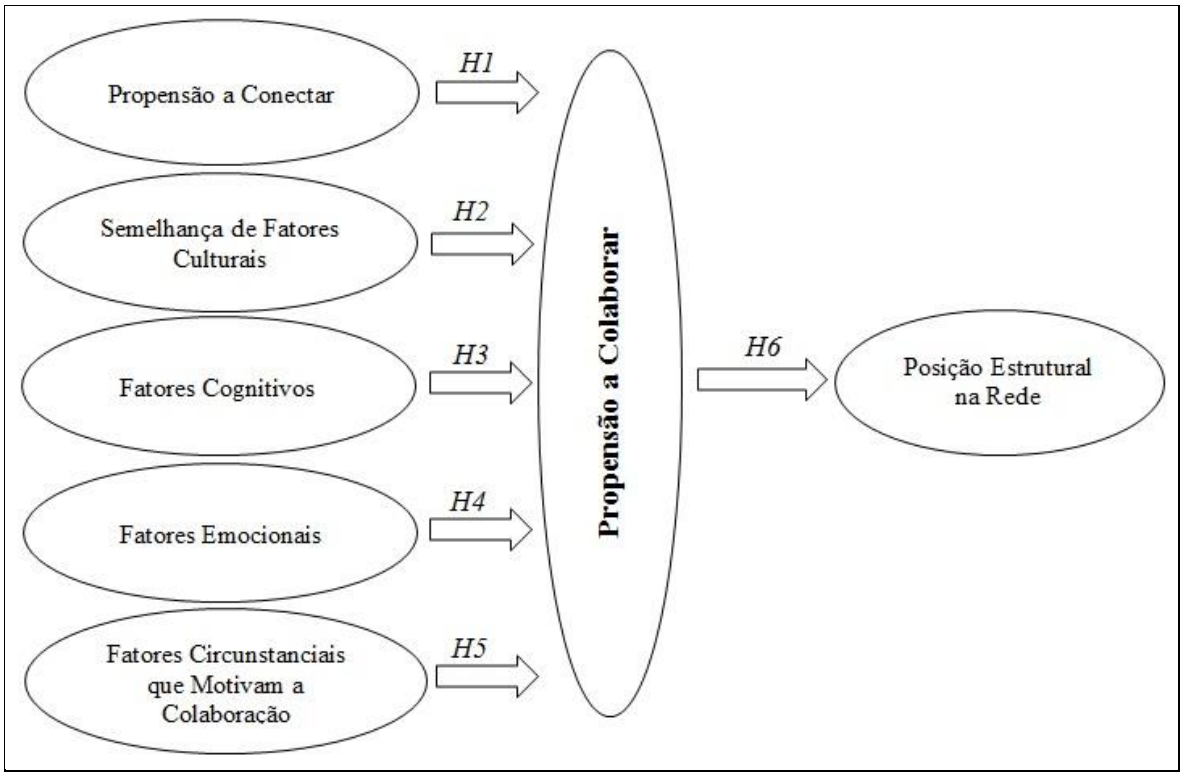


Figura 9. Modelo conceitual proposto para avaliar a propensão à colaboração e sua influência sobre a posição estrutural de um autor na rede.

Pasquali (1999) argumenta que os construtos devem ser conceituados com base em uma definição constitutiva e operacional. A definição constitutiva é concebida tipicamente com base em enunciados expressos em dicionários ou enciclopédias, delimitando as bases teóricas a qual o construto está inserido (Pasquali, 1999), ao passo que, a transição das bases teóricas para um instrumento, ou seja, do abstrato para o concreto caracteriza-se pela definição operacional (Costa, 2010). Uma definição constitutiva dos construtos indicados na FIG. 9 é apresentada na sequência. As assertivas, objetos do questionário, que introduzem o contexto em que se enquadra a definição operacional é apresentada no Apêndice A (p. 124).

Uma das premissas das pesquisas descritivas é descobrir a existência de associações entre variáveis (Gil, 2008, p. 28). Neste sentido, é comum a definição de hipóteses que proveem uma resposta ao problema em estudo, ou seja, é uma proposição que somente será aceita ou rejeitada depois de devidamente testada (Gil, 2008, p. 41). Como o modelo conceitual proposto na FIG. 9 é singular, as hipóteses formuladas, neste trabalho, seguiram uma semântica que se fundamentou em afirmações positivas e condicionais (Jung, 2011).

Propensão a conectar:

Adaptada do trabalho de Totterdell *et al.* (2008), verifica o quanto as diferenças individuais que orientam o comportamento das pessoas, baseadas em aspectos específicos da personalidade, influenciam em sua propensão para se conectar com outras pessoas. Essas diferenças individuais são amparadas em três componentes "fazer amizades", "fazer conhecidos" e "aproximar pessoas", que podem favorecer ou ampliar os relacionamentos dentro de uma estrutura social e, consequentemente, fazer com que essas pessoas sejam mais propensas a colaborar. Com isso, definiu-se a primeira hipótese:

H1: A propensão para conectar com outras pessoas influencia positivamente a propensão dos pesquisadores em colaborar.

Semelhança de Fatores Culturais:

O conceito de cultura como é adotado atualmente foi originado por Edward B. Tylor em 1871. Para Tylor (1920, p. 1) cultura é:

> "Um complexo que inclui conhecimento, crença, moral, arte, leis, costumes ou qualquer outra capacidade e hábitos adquiridos pelo homem como membro da sociedade" (Edward B. Tylor).

Para Lévi-Strauss (1969, p. 3) o homem é um ser biológico e social e suas respostas a estímulos internos e externos são dependentes da sua natureza ou do ambiente social em que vive.

Para os propósitos deste trabalho, definiu-se a semelhança de fatores culturais como o conjunto de atributos relacionados com os valores e pressupostos básicos das pessoas que de alguma forma influenciam suas atitudes e comportamentos. Por exemplo, para alguns colaborar com pessoas que tenham ideais filosóficos semelhantes pode ser

mais atrativo do que com outras que possuem convicções discordantes nestas questões. Portanto, pressupõe-se que:

H2: Traços culturais congêneres estimulam a propensão dos pesquisadores em colaborar.

Fatores Cognitivos:

Os fatores cognitivos foram definidos como os atributos e atitudes mais importantes quando se considera uma escolha puramente racional. Uma escolha racional é baseada na razão e em fatos que nos orientam nas decisões. Por exemplo, ao procurar um colaborador quanto mais ele souber (conhecimento/capacidade técnica) sobre o assunto do trabalho em questão mais interessados ficamos em tê-lo como colaborador.

Os estudos que abordam os aspectos cognitivos concentram em compreender como as pessoas processam as informações, avaliam e interpretam as situações e que procedimentos são adotados para a solução de problemas (Bossche *et. al.*, 2006). Essas habilidades cognitivas apresentam uma forte relação com o desempenho ou funcionamento de um grupo (DeChurch & Mesmer-Magnus, 2010; LePine & Van Dyne, 2001). Portanto, presume-se que os aspectos cognitivos são elementos motivadores para a formação de parcerias em projetos de P&D e, desta forma, definiu-se a seguinte hipótese:

H3: Os fatores cognitivos influenciam positivamente na propensão dos pesquisadores em estabelecer vínculos de colaboração.

Fatores Emocionais:

Evidências sugerem que as pessoas, geralmente, direcionam suas decisões baseadas em alguma característica emocional (Pham *et al.*, 2001). Essas características ou fatores emocionais podem constituir variáveis importantes no processo de escolha de parceiros para o desenvolvimento de um trabalho de P&D.

Neste trabalho, os fatores emocionais foram classificados como os atributos ou características do colaborador que nos fazem sentir bem em trabalhar em equipe ou colaborar com ele. Por exemplo, é mais prazeroso trabalhar com quem você tem amizade. Dentro desse contexto presume-se que:

H4: Os fatores emocionais que representam características positivas influenciam na propensão dos pesquisadores em estabelecer vínculos de colaboração.

Fatores Circunstanciais que Motivam a Colaboração:

Parafraseando as definições apresentadas nos dicionários Aurélio (Ferreira, 1986), Michaelis (Michaelis, 1998) e Webster´s (Webster´s, 1956), a palavra circunstância denota uma particularidade, situação, estado ou condição de coisas que acompanha um fato ou acontecimento em determinado momento e que provoca uma determinada ação ou comportamento. Portanto, os fatores circunstanciais que motivam a colaboração foram definidos como os atributos e características existentes em determinado momento, situação ou circunstância que podem favorecer ou facilitar à colaboração. São fatores de oportunidade. Por exemplo, a oportunidade de desenvolver um trabalho com um pesquisador que é reconhecido mundialmente.

Algumas razões que motivam à colaboração, enumeradas na TAB. 1 (p. 47), podem ser contextualizadas como circunstanciais. Desta forma, pressupõe-se que:

H5: Os fatores circunstanciais contribuem para que os pesquisadores fiquem propensos a estabelecer vínculos de colaboração.

Posição Estrutural na Rede:

Por fim, a última hipótese foi definida com o objetivo de avaliar o quanto a propensão de um pesquisador em colaborar explica a posição estrutural que um autor ocupa na rede de colaboração em P&D do IPEN. Essa posição estrutural será mensurada por meio dos indicadores de centralidade de grau, intermediação, proximidade e autovetor e, também, por meio do indicador de grupos *cliques*. Portanto, a última hipótese foi definida como:

H6: A posição estrutural que um autor ocupa na rede pode ser explicada pelo modelo definido para avaliar a propensão à colaboração.

4.4. Coleta de dados para ARS

Esta etapa consistiu de um levantamento de todos os autores do IPEN que realizaram, no mínimo, um trabalho que ocasionou em uma publicação de caráter técnico-científico (TAB. 2) e que está registrada na base de dados digital de produção técnico-científica do IPEN.

A forma de coleta dos dados baseou-se em **coautoria**, compreendendo o período de 2001 a 2010 e que foram agrupados em intervalos de dois anos. No IPEN, a fonte mais expressiva para este levantamento é a base de dados digitais de publicações técnico-científicas (PTC) que na fase de coleta final dos dados estava atualizada até 13/07/2011, visto que este processo de atualização é contínuo.

Tabela 2. Tipos de publicações na base PTC.

Código	*Tipo*
13	Dissertação
29	Tese
36	Artigo de Periódico
37	Capítulo de Livro
39	Resumo de Evento Científico
40	Texto Completo de Evento
48	Resumo em periódico
51	Livro

A coleta dos dados referente aos autores, com quem publicou e o número de publicações inerente a cada um, foi efetuado por meio de um programa computacional desenvolvido internamente[b]. O produto gerado por este programa é uma matriz de adjacência simétrica de quem colaborou com quem e a quantidade de trabalhos elaborados conjuntamente, podendo ser representado por um grafo não direcional, assumindo que a colaboração ou o relacionamento para o desenvolvimento de um trabalho de pesquisa é uma relação intrinsecamente recíproca.

A FIG. 10 mostra um recorte de matriz de adjacência simétrica gerada pelo programa. A identidade dos autores foi preservada por meio da utilização de códigos. Cada

[b] *O programa computacional foi originalmente desenvolvido por José Sérgio Bleckman Reis Jr., e adaptado às necessidades pelo autor deste trabalho.*

código corresponde a um autor e são identificados pela letra *A* mais três algarismos numéricos, iniciando em *001* e podendo atingir um máximo de *999*. Os valores na diagonal principal da matriz representam o total de trabalhos ou publicações que um autor específico do IPEN realizou individualmente ou em coautoria no período correspondente. Os valores situados no cruzamento da *i-ésima* linha com a *j-ésima* coluna correspondem à quantidade de trabalhos ou publicações desenvolvidas em coautoria com algum outro autor específico do IPEN.

	A001	A026	A004	A007	A401	A008	A414	A449	A009	A439	A011	...	Ax
A001	**9**	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	...	a_{1n}
A026	0	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	a_{2n}
A004	0	0	**12**	0	0	0	0	0	0	0	0	...	a_{3n}
A007	0	0	0	**14**	0	0	0	0	0	0	**2**	...	a_{4n}
A401	0	0	0	0	**1**	0	0	0	0	0	0	...	a_{5n}
A008	0	0	0	0	0	**2**	0	0	0	0	0	...	a_{6n}
A414	0	0	0	0	0	0	**4**	0	**4**	0	0	...	a_{7n}
A449	0	0	0	0	0	0	0	**2**	0	0	0	...	a_{8n}
A009	0	0	0	0	0	0	**4**	0	**14**	0	0	...	a_{9n}
A439	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	...	a_{10n}
A011	0	0	0	**2**	0	0	0	0	0	0	**28**	...	a_{11n}
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	**...**	...
Ax	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	a_{m4}	a_{m5}	a_{m6}	a_{m7}	a_{m8}	a_{m9}	a_{m10}	a_{m11}	...	$\mathbf{a_{mn}}$

Figura 10. Exemplo de matriz de adjacência simétrica gerada pelo programa.

O programa computacional foi desenvolvido na linguagem de programação *Python* criada por Rasmus Lerdof em 1994. Este programa lê um arquivo digital em formato XML (ver definição e exemplo no Apêndice C, p. 132) e seleciona os autores com base nos códigos descritos na TAB. 3. Como não há uma referência de identificação única para cada autor, por exemplo, um código de pesquisador, utilizou-se como referência para a identificação do autor o padrão de nomes semelhante a uma das opções que são adotadas em citações bibliográficas, que neste trabalho, foram identificadas pelo sobrenome e as letras iniciais de seus primeiros nomes (veja exemplos na TAB. 4).

Tabela 3. Códigos de identificação de autor, coautor, orientador e orientando na base PTC.

Código	*Identificação de*
010	Autores e coautores para os diversos tipos de publicações
015	Orientador
016	Orientando

Para o ajuste do nome no padrão de citação bibliográfica escolhido foi necessário aplicar ao programa dois formatos de expressões regulares, já que, o padrão de cadastramento para o nome do orientador, código 015, é diferente para autor e coautor, código 010, e orientando, código 016. Essas observações podem ser visualizadas na TAB. 4 que apresenta o formato original de entrada do nome do autor, o formato da expressão regular aplicada e o resultado final obtido, que foi utilizado como referência para a identificação do autor. Para cada identificação de autor foi adotado um código para preservar sua identidade conforme observado anteriormente.

Basicamente, expressão regular é uma notação formal para identificar padrões de caracteres específicos em textos. São normalmente utilizadas para localizar e extrair de textos um ou uma cadeia de caracteres em conformidade com um determinado padrão específico.

Contudo, é importante destacar que em razão da falta de critérios e inconsistências para o cadastramento do nome do autor em citações bibliográficas, assim como a presença de nomes homônimos na base de dados digitais de publicações técnico-científicas, ocorreram algumas ambiguidades que dificultaram a identificação, fazendo com que alguns autores possam ter sidos selecionados ou não equivocadamente, o que pode ter acarretado uma sub ou superestimação do número total de autores e publicações relacionadas a esses autores.

Tabela 4. Formatação dos nomes com base em citação bibliográfica.

Formatos de entrada	*Resultados*
<010>Barroso, Antonio C. O.</010>	Barroso, A.C.O.
<010>Barroso, Antonio Carlos O.</010>	Barroso, A.C.O.
<010>Oliveira Barroso, A. C.</010>	Barroso, A.C.O.
<010>Monteiro, C.A.</010>	Monteiro, C.A.
<010>Monteiro, Carlos Anisio</010>	Monteiro, C.A.
<016>Monteiro,Carlos A.</016>	Monteiro, C.A.
<016>Monteiro, C. Anisio</016>	Monteiro, C.A.
<016>Monteiro Jr., Carlos A.</016>	Monteiro-Junior, C.A.
(([A-Z]+)([-])([A-Z]*[ ]*)([,][ ]*)([A-Z .]+))*	Expressão regular aplicada
<015>ORIENTADOR: Antonio C. O. Barroso</015>	Barroso, A.C.O.
<015>ORIENTADOR:Antonio Carlos O. Barroso</015>	Barroso, A.C.O.
<015>ORIENTADOR: Antonio Carlos de Oliveira Barroso</015>	Barroso, A.C.O.
<015>ORIENTADOR: Antonio Carlos O. Barroso Filho</015>	Barroso-Filho, A.C.O.
((ORIENTADOR:)([ ])([A-Z.]+)([ ])([A-Z]+)([ ]*))*	Expressão regular aplicada

Nota: alguns nomes são fictícios.

4.5. Análise dos dados coletados

A TAB. 5 apresenta as estatísticas bibliométricas referentes aos dados coletados, agrupados em intervalos de dois anos consecutivos, compreendendo o período de 2001 a 2010. O somatório do número de autores ativos com autores aposentados para cada biênio conjugado retrata a matriz simétrica A_{mxm}, em que para o biênio 2001/2002, $m = 402$; 2003/2004, $m = 322$; e assim sucessivamente. Apesar de ser uma tabela autoexplicativa algumas considerações são pertinentes.

Tabela 5. Sumário da produção técnica e científica do IPEN.

Ano correspondente ao período	2002	2004	2006	2008	2010
	2001 2002	2003 2004	2005 2006	2007 2008	2009 2010
Total de publicações	1.559	1.261	1.557	2.042	2.042
Publicações com autores do IPEN identificados	1.456	1.191	1.459	1.946	1.972
Publicações com autores do IPEN não identificados	103	70	98	96	70
Autores ativos	360	287	327	344	351
Autores inativos (aposentados)	42	35	41	33	46
Outros autores	1.444	1.341	1.999	2.389	2.379
Média de autores do IPEN por publicação	1,983	1,865	1,935	1,851	1,795
Média de autores por publicação	3,932	3,860	4,163	4,219	4,188
Média de publicações por autor do IPEN	7,182	6,898	7,671	9,557	8,914
Total de publicações com 1 autor do IPEN	665	565	713	996	1.128
Total de publicações com 2 autores do IPEN	433	374	408	514	431
Total de publicações com 3 autores do IPEN	199	162	191	274	221
Total de publicações com 4 autores do IPEN	85	50	76	94	125
Total de publicações com 5 autores do IPEN	45	28	38	37	39
Total de publicações com 6 autores do IPEN	18	8	15	23	14
Total de publicações com mais de 6 autores do IPEN	11	4	18	8	14
Autores isolados	16	21	19	9	13
Total de teses e dissertações	261	224	264	268	311

Os dados da TAB. 5 revelaram que o total de publicações aumentou graças a um aumento da produtividade dos autores do IPEN e também graças a um aumento da colaboração com autores externos, ou seja, autores que não têm um vínculo empregatício com o IPEN. A partir do primeiro para o segundo biênio, houve uma diminuição na produtividade dos autores do IPEN, muito relacionada com a diminuição da colaboração com autores externos. Isto foi seguido por dois períodos de um aumento vigoroso da produtividade, o que parece ser suportado pelo aumento da colaboração entre autores do IPEN e externos. É interessante notar que apenas no período entre 2004 e 2006 observou-se um pequeno aumento da colaboração entre autores internos, conforme pode ser constatado pela linha azul na FIG. 11, que corresponde à média de autores do IPEN por publicação. No último biênio, o número médio de autores por publicação ficou nivelado,

ao passo que, a média de autores do IPEN por publicação continuou a diminuir, o que indica que essa compensação foi fruto de um crescimento da colaboração com autores externos. Observa-se, também, que após um período de crescimento robusto, a produtividade dos autores do IPEN perde o vigor apresentando uma queda no último período (linha verde na FIG. 11).

O que está sendo denominado como autores ou colaboradores externos são pessoas de outras instituições, mas, também, estudantes de graduação e pós-graduação que estão inseridos nas diversas categorias de ensino disponibilizadas pelo IPEN.

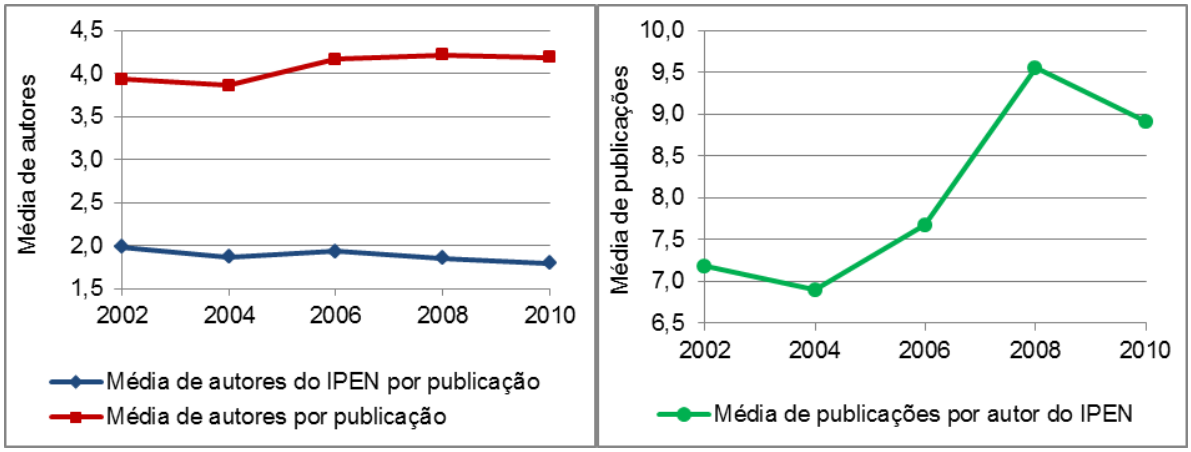


Figura 11. Produtividade e colaboração.

A análise das tendências globais mostra que de 2001 a 2010 houve um aumento de 24,1% na produtividade dos autores do IPEN (linha verde – FIG. 11). A população de autores do IPEN, entre ativos e aposentados, no mesmo período, diminuiu em 1,2%, mas o número de colaboradores externos aumentou em 64,7%, conforme pode ser observado na FIG. 12. Contudo, nos últimos três anos a população de colaboradores externos se estabilizou e, tendo em vista que parte significativa desses colaboradores são estudantes, esta é uma indicação de que a capacidade do setor de ensino do IPEN atingiu ou está próximo de um patamar.

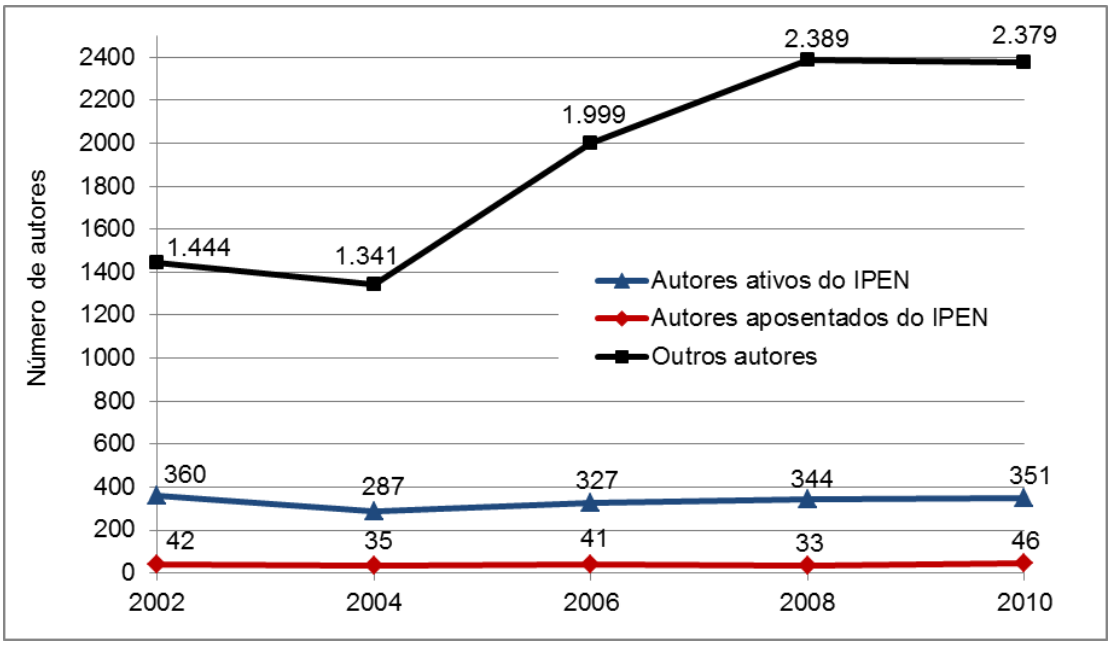


Figura 12. População de autores que publicaram no período de 2001 a 2010.

4.6. Coleta de dados para MEE

Nesta etapa, a coleta de dados foi realizada por meio de uma pesquisa de levantamento (*survey* em inglês*)*. Em geral, uma pesquisa de levantamento envolve a coleta de informações a partir de um grupo de pessoas (Malhotra & Grover, 1998; Forza, 2002). De acordo com Hair Jr. *et al.* (2005, p. 157) a pesquisa de levantamento é um método para coleta de dados a partir de pessoas, na qual os dados coletados podem refletir suas características comportamentais e suas experiências.

Para Gil (2008, p.55) as pesquisas de levantamento:

"*Caracterizam-se pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Basicamente, procede-se à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para em seguida, mediante análise quantitativa, obter as conclusões correspondentes dos dados coletados.*" *Gil (2008, p.55).*

Os métodos de coleta de dados para as pesquisa de levantamento são caracterizadas pela administração de questionários ou por meio de entrevistas. A entrevista é uma técnica de coleta de dados utilizada em pesquisas de caráter social, em que o

entrevistador busca coletar dados pertinentes ao que se deseja investigar e o entrevistado é a fonte desses dados (Marconi & Lakatos, 2010, p. 178; Gil, 2008, p. 109; Cervo *et al.*, 2007, p. 51-52). A entrevista é um procedimento bastante utilizado em pesquisas cujo propósito é obter dados qualitativos, ao passo que, o questionário predomina-se em pesquisas onde o propósito é coletar dados quantitativos (Hair Jr. *et al.*, 2005, p. 157). Para a coleta dos dados utilizou-se um questionário com perguntas fechadas administrado pelo entrevistador.

Gil (2008, p. 134) e Marconi & Lakatos (2010, p. 186) salientam que o questionário depois de redigido deverá passar por um pré-teste para verificar possíveis falhas como: complexidade das questões, imprecisão na redação, desnecessidade das questões, constrangimentos ao informante, exaustão *etc*. O pré-teste é realizado por meio da aplicação de alguns questionários (10 a 20) ao público alvo da pesquisa Gil (2008, p. 134).

Com exceção dos itens do construto "*Propensão a conectar*", que foi adaptado do modelo de Totterdell *et al.* (2008), os itens referentes aos demais construtos são novos e foram desenvolvidos, *a priori*, para os objetivos e necessidades desta pesquisa.

A definição dos novos itens foi contemplada utilizando como uma revisão bibliográfica nos trabalhos de Bukvova (2010), Birnholtz (2007), Beaver (2001), Bossche *et. al.*(2006), Sonnewald (2007), Rijnsoever & Hessels (2011), Olivera & Straus (2004), Borges & Baranauskas (2004), Katz & Martin (1997) e Hara *et al.* (2003). Esses trabalhos partem do pressuposto que a colaboração científica envolve várias características e atributos relacionados a aspectos pessoais, sociais, culturais e circunstanciais que podem ampliar ou limitar as possiblidades de colaboração.

Para verificar a consistência dos itens foi realizado um pré-teste utilizando-se uma pesquisa de levantamento com um grupo de 25 autores distribuídos entre as diversas áreas e linhas de pesquisas do IPEN e selecionados de acordo com a quantidade de publicações e/ou orientações.

A condução da pesquisa no pré-teste foi estabelecida da seguinte forma:

a) Entrevista estruturada presencial com 10 autores, dos quais oito autorizaram a gravação. Primeiramente, utilizando-se um questionário com perguntas abertas com o objetivo de avaliar o grau de conformidade entre as respostas espontâneas dos autores

e o modelo proposto. No Apêndice F (p. 141) é apresentada a semântica das perguntas abertas, assim como, o resumo do diálogo referente às respostas espontâneas que foram coletadas a partir das gravações e das anotações, de acordo com a interpretação deste autor;

b) Posteriormente, um questionário com perguntas fechadas, esboço inicial do modelo, foi distribuído aos mesmos para verificar se as respostas fornecidas, contextualizadas nos propósitos desta pesquisa, estavam contempladas no modelo e se havia uma conformidade dos itens com os construtos previamente definidos. Com base nas respostas fornecidas para as perguntas abertas e nos comentários, constatou-se que o modelo inicial proposto contemplava o que os entrevistados julgavam importante para o estabelecimento de um vínculo de colaboração e, nenhuma ressalva foi feita com a finalidade de alterar a disposição dos itens nos construtos definidos previamente.

c) Apuradas as inconformidades e inconsistências, nesta primeira fase, a pesquisa foi ampliada aos demais autores selecionados para o pré-teste, sempre chamando a atenção desses autores para apontarem, na sua visão, qualquer problema na redação do questionário e, também, na correspondência dos itens com os respectivos construtos, que foram definidos previamente.

d) Finalmente, restringindo-se todas as inconformidades e inconsistências na formulação do questionário, o mesmo foi distribuído a todos os autores participantes da amostra.

O questionário final refinado foi subdividido em três partes:

Parte A. Contém 13 assertivas que procuram avaliar como um ator se classifica em termos de atributos ou características sociocomportamentais;

Parte B. Com 29 assertivas cujo propósito foi entender conceitualmente o que torna as pessoas mais atraentes como colaboradoras em pesquisas;

Parte C. Também abrange o questionário final uma parte dissertativa, cujo objetivo é obter indicadores que possam validar o modelo proposto e, neste caso, foi solicitado ao entrevistado citar, pelo menos, o nome de cinco pessoas do IPEN que julga desfrutarem de certos atributos que sejam aprazíveis para formação de uma parceria em projetos de P&D.

As repostas fornecidas para as 42 assertivas respeitaram uma escala do tipo *Likert* com uma abrangência de 5 pontos, indicando o grau de concordância ou relevância para cada uma das assertivas. O questionário final está disponibilizado no Apêndice A (p. 124).

O critério utilizado para a seleção da amostra para esta pesquisa de campo foi baseado em colaboração, ou seja, foram selecionados os autores do IPEN que desenvolveram um trabalho de pesquisa com no mínimo dois outros autores do IPEN. Este critério elegeu 308 autores, de um total de 568 autores, para compor a pesquisa de levantamento dos quais 187 autores responderam ao questionário, correspondendo a uma taxa de retorno de aproximadamente 60%.

Dos 187 autores que responderam ao questionário quatro foram descartados por ter apresentado dados faltantes, ou seja, algumas assertivas não foram respondidas. Portanto, a amostra final refinada e adequada para as análises sob o enfoque do método PLS-SEM é composta por 183 casos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES BASEADOS NA ARS

Neste capítulo, são apresentados os resultados alcançados com a utilização da metodologia de ARS. Esses resultados foram obtidos a partir da utilização do programa *ORA - Organization Risk Analyser*. *ORA* é uma ferramenta para análise de redes que revela os riscos e vulnerabilidades da estrutura de relacionamentos de uma organização (Carley *et al.*, 2013) e foi desenvolvido pelo *Center for Computational Analysis of Social and Organizational Systems* (CASOS) da *Carnegie Mellon University*.

Os resultados correspondem a uma macro rede de colaboração em P&D do IPEN. Os dados coletados para o período de 2001 a 2010 foram organizados em intervalos consecutivos de dois anos, dando origem à formação de cinco redes que foram examinadas separadamente com a utilização do *ORA*. Portanto, a integração dessas cinco redes constitui à macro rede de colaboração em P&D do IPEN.

5.1. Representação gráfica das redes

Os gráficos de como estão distribuídos os autores e coautores na rede de colaboração em P&D do IPEN, para cada uma das cinco redes, são exibidos nas figuras 13 a 17. Há que se destacar que essa rede de colaboração em P&D é composta somente por autores e coautores do IPEN, visto que um dos objetivos principais deste trabalho é analisar como é gerado e transferido o conhecimento entre os autores do IPEN.

No cenário apresentado por essas figuras, observa-se que as redes estudadas são compostas por um grande número de autores. A configuração das redes baseia-se em um grande componente circundado por vários outros muito menores, sendo que o maior componente abriga uma parcela significativa de autores. Liu *et al.* (2005) e Yan & Ding (2009) já haviam constatado que geralmente as redes baseadas em coautoria apresentam muitos componentes disjuntos. Os gráficos, também, apontam que há um grande volume de autores que ocupam posições centrais na rede com várias conexões com outros autores, o que demonstra uma disposição desses autores em desenvolver projetos de pesquisa em colaboração com autores do IPEN, contribuindo de forma relevante para a transferência e a preservação do conhecimento no IPEN. Verifica-se um número reduzido de autores em uma posição de isolamento, ou seja, não geraram nenhuma publicação técnico-científica

em colaboração com qualquer outro autor do IPEN, como já foi observado anteriormente na coleta dos dados. Essas observações serão melhor entendidas e comprovadas no decorrer do trabalho, quando análises mais profundas mostrarão aspectos intrínsecos da rede de colaboração em P&D do IPEN. Os autores destacados em azul são identificados como *boundary spanners* e são comentados mais adiante.

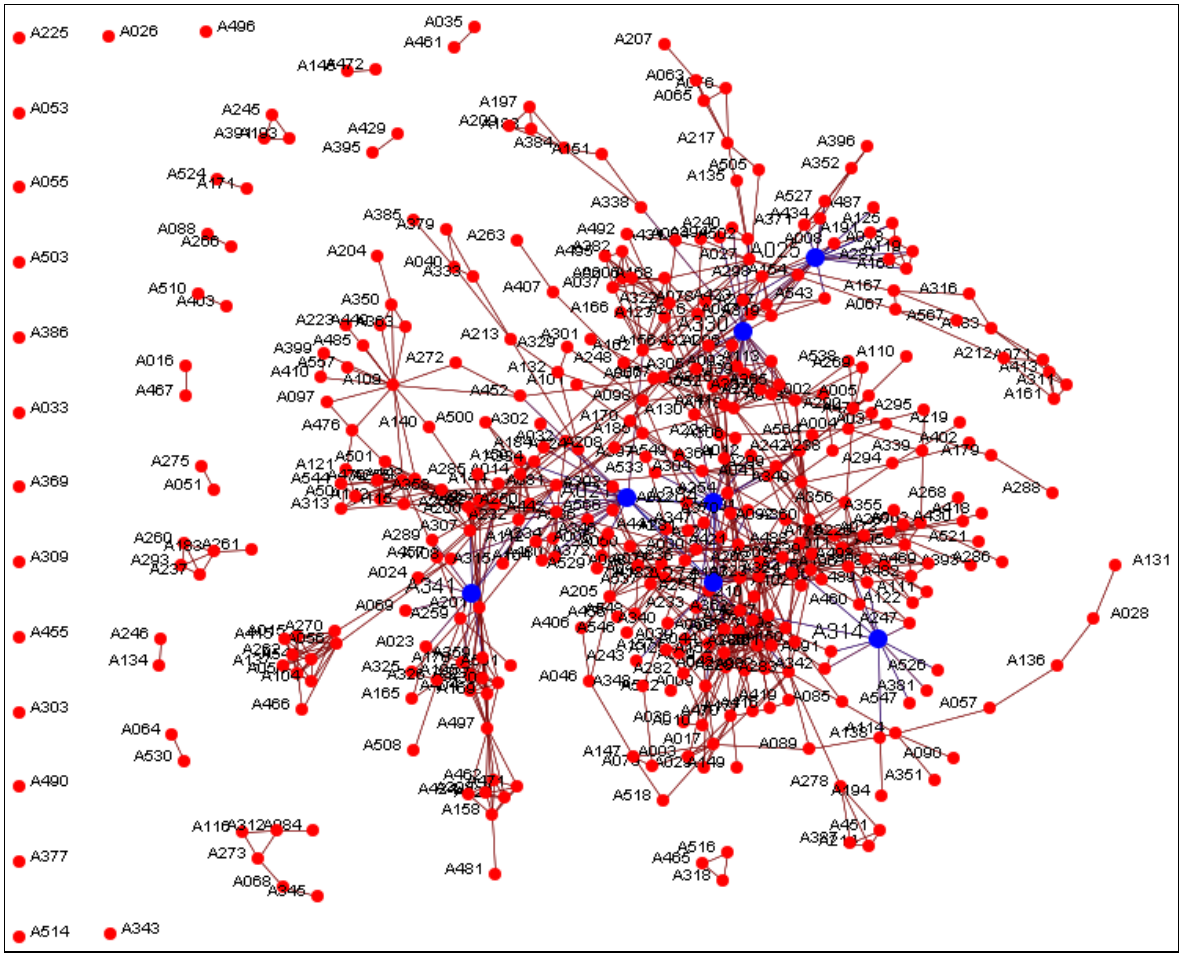


Figura 13. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2001-2002.

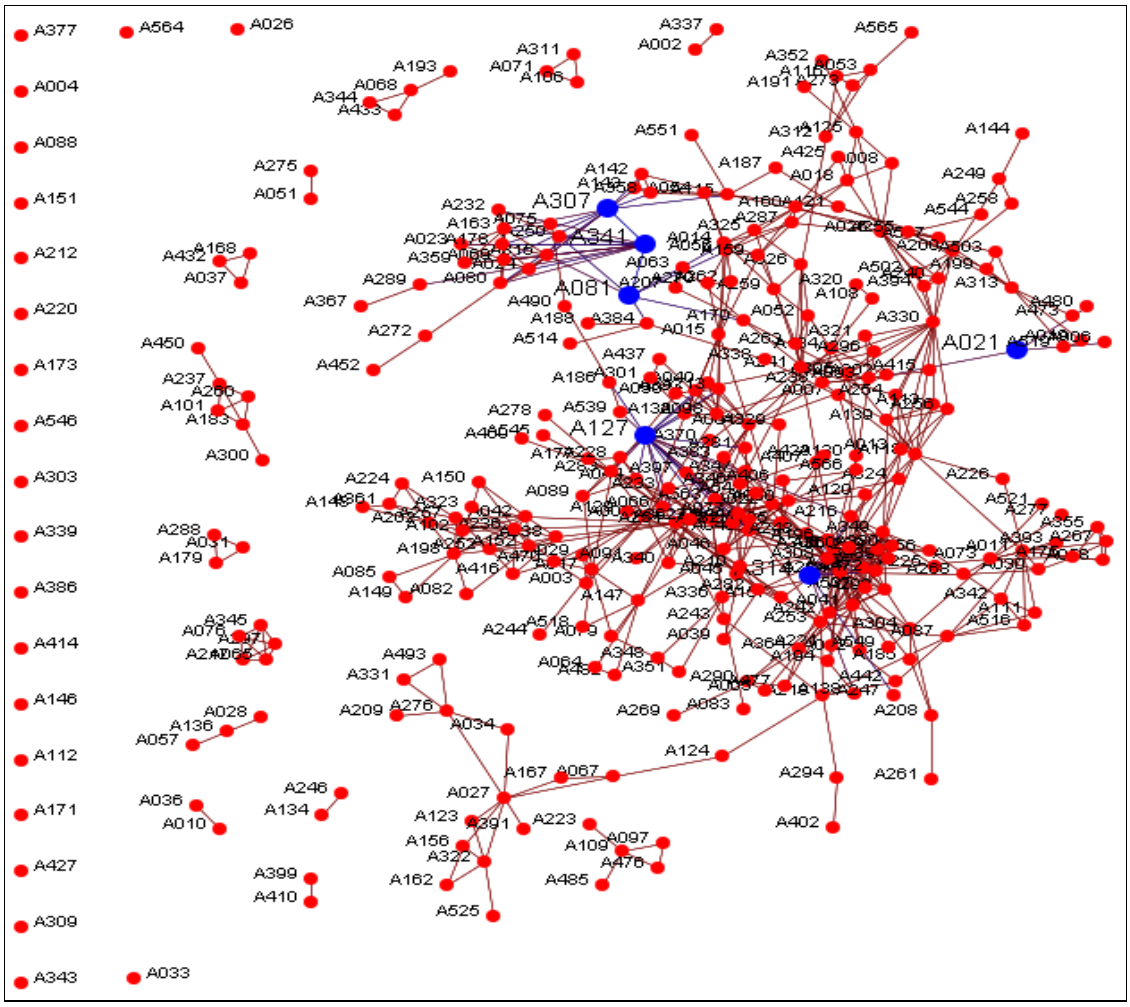


Figura 14. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2003-2004.

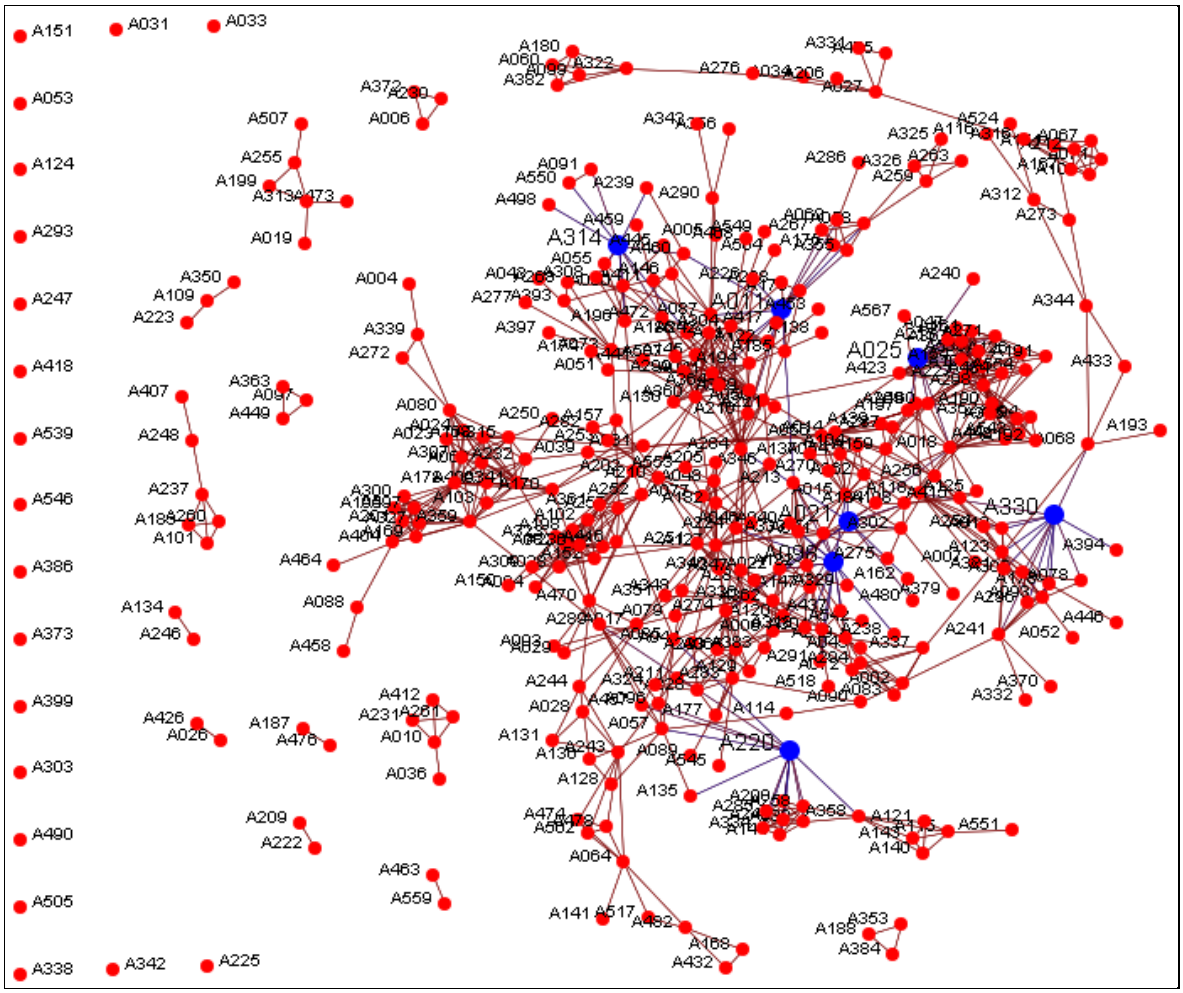


Figura 15. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2005-2006.

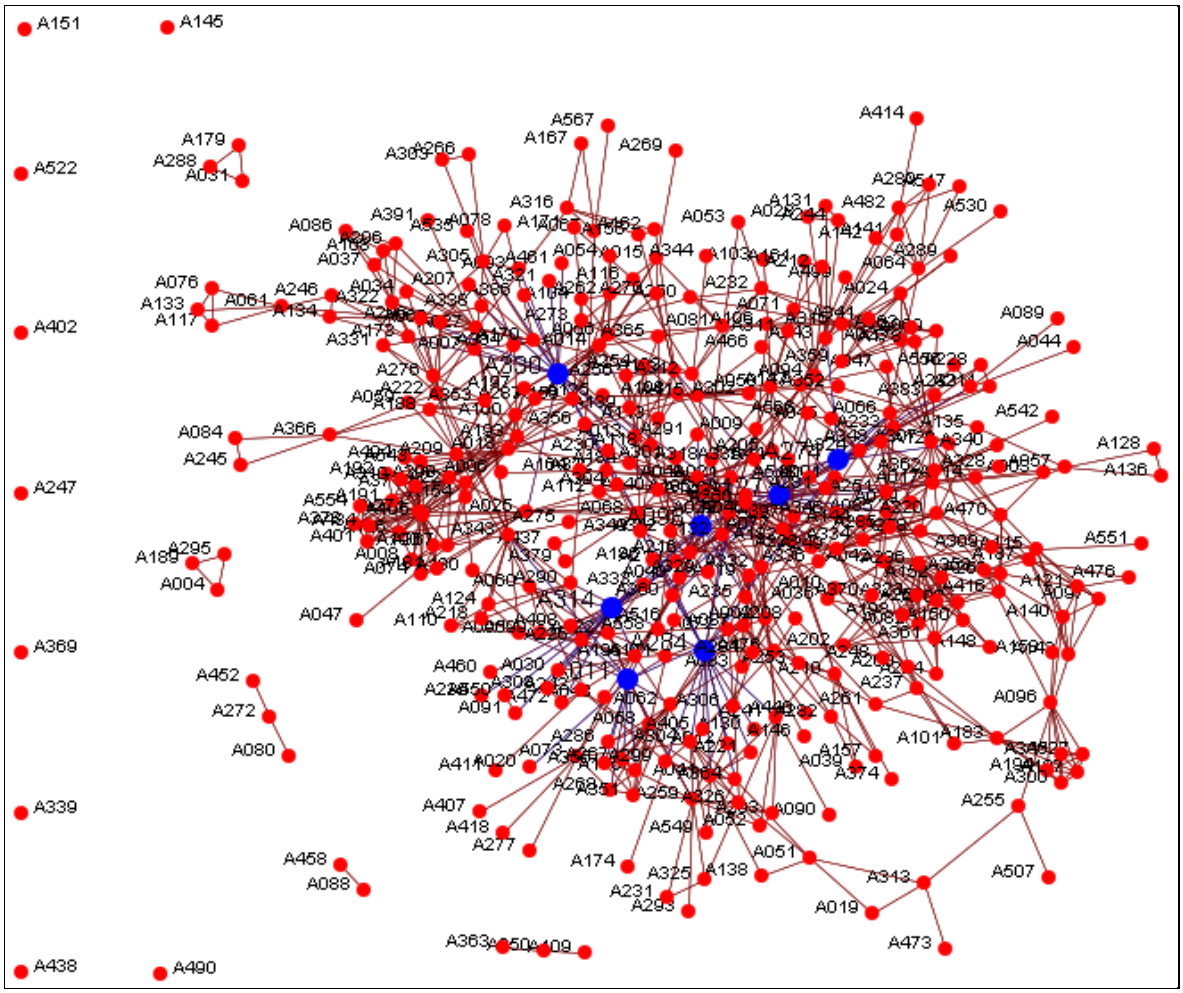


Figura 16. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2007-2008.

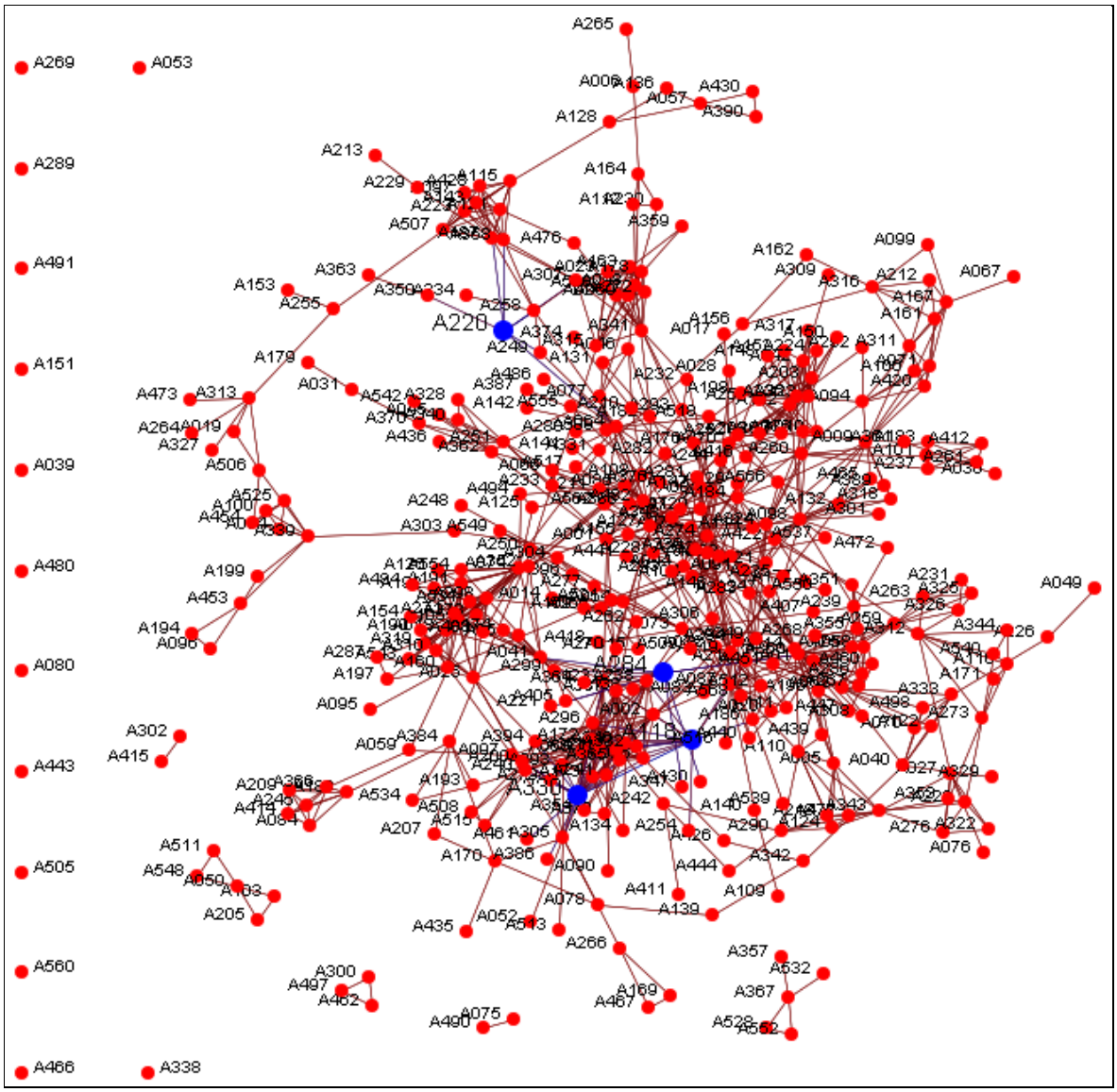


Figura 17. Panorama visual da rede de colaboração em P&D do IPEN - período 2009-2010.

5.2. Análise das características globais das redes

A TAB. 6 mostra um panorama das características globais de cada uma das redes que constituem a rede de colaboração em P&D do IPEN, período de 2001 a 2010, agrupados em intervalos de dois anos.

A densidade representa a quantidade de conexões existentes em comparação com a quantidade máxima de conexões possíveis entre os autores. Observa-se que para as cinco redes analisadas a densidade apresentou um valor demasiadamente baixo, condizente com vários outros trabalhos que utilizaram à coautoria como um indicador de conexão (ver Brandão *et al.*, 2007; Lima, 2011; Ullrich *et al.*, 2012; Hou *et al.*, 2008). Conforme enfatizado por Racherla & Hu (2010), densidade baixa é inerente às redes extensas, ou seja, com muitos autores.

Todavia, conforme assinalado por Racherla & Hu (2010) e Monteiro & Barroso (2011) é preciso analisar com cautela a densidade visto que, na prática, é fisicamente impossível um autor colaborar com todos os demais autores em cada rede. Desta forma, é prudente adotar uma métrica mais realista com base na realidade do autor com maior número de coautores ou centralidade de grau. Como a expressão da densidade o número máximo de conexões, teoricamente possível, de um autor é representado por $g - 1$, em que g corresponde ao número total de autores ou coautores na rede, na formulação de uma métrica mais realista definiu-se o conceito de densidade relativizada, o qual supõe que o número máximo de conexões realisticamente possível para cada autor na rede é representado por g^*. Com isso, a expressão para calcular a densidade relativizada (D_r) é definida da seguinte forma:

$$D_r = \frac{L}{\frac{gg^*}{a}} \qquad (12)$$

Sendo: $a = \begin{cases} 1, \text{ para relações direcionais;} \\ 2, \text{ para relações não direcionais.} \end{cases}$

Seguindo a concepção apresentada por Monteiro & Barroso (2011) e tomando como exemplo a rede 2001-2002, não direcional, o autor *A284* alcança a maior

centralidade de grau com um total de 22 coautores, portanto, a densidade relativizada para a rede 2001-2002 atinge um valor aproximado de 22,8%. Partindo dessa premissa, conclui-se que a densidade da rede 2001-2002 não é baixa.

Há uma diminuição significativa na fragmentação da rede para os dois últimos biênios (2007-2008 e 2009-2010) em relação aos demais. Essa maior coesão da rede também pode ser observada pelo aumento do percentual de autores concentrados no maior componente. Isto acena para uma perspectiva animadora em que os autores do IPEN perceberam ou estão percebendo que a colaboração em projetos de P&D pode conduzir a resultados vantajosos.

Tabela 6. Indicadores da rede de colaboração em P&D do IPEN por períodos bienais.

	2001 2002	*2003 2004*	*2005 2006*	*2007 2008*	*2009 2010*
Quantidade de autores	402	322	368	377	397
Quantidade de ligações	1.009	755	985	1.042	1.134
Densidade	1,25%	1,46%	1,46%	1,47%	1,44%
Maior centralidade de grau	22	24	23	28	24
Densidade relativizada	22,8%	19,5%	23,3%	19,7%	23,8%
Fragmentação	24,6%	35,2%	36,4%	11,8%	14,5%
Coeficiente de agrupamento da rede	0,53	0,52	0,54	0,53	0,55
Boundary Spanners	50	46	51	42	48
Componentes com:	Frequência de ocorrência				
1 autor (isolados)	16	21	19	9	13
2 autores (díade)	10	5	5	1	2
3 autores (tríade)	2	4	4	4	1
4 autores	-	1	-	-	-
5 autores	1	2	1	-	2
6 autores	1	1	2	-	-
17 autores	-	-	1	-	-
259 autores	-	1	-	-	-
293 autores	-	-	1	-	-
349 autores	1	-	-	-	-
354 autores	-	-	-	1	-
367 autores	-	-	-	-	1

Conforme definido anteriormente, o coeficiente de agrupamento representa a densidade da rede ego de um determinado autor. Já o coeficiente de agrupamento da rede representa a média dos coeficientes de agrupamento de todos os autores na rede e quanto maior o coeficiente, menor a centralização da rede em torno de determinados autores. Em termos de redes de coautoria, esse coeficiente representa a probabilidade de dois coautores de um determinado autor terem gerado uma publicação técnico-científica em conjunto (Barabási *et al.*, 2002; Newman, 2004a).

Não foi encontrada na literatura uma regra que defina se o valor do coeficiente de agrupamento é alto ou baixo. Contudo, Newman (2004a, 2004b) considerou valores superiores a 0,4 como altos. Seguindo essa proposição pode-se considerar que há uma grande probabilidade de dois coautores de um determinado autor, que não desenvolveram uma publicação em conjunto, estabelecerem vínculos de colaboração para o desenvolvimento de trabalhos de P&D.

Todavia, é interessante analisar o coeficiente de agrupamento para verificar se as redes de colaboração em P&D do IPEN apresentam o fenômeno de redes de mundo pequeno (*small world*).

A raiz do fenômeno de mundo pequeno baseou-se no conceito de seis graus de separação verificado no experimento adotado por Stanley Milgram (Milgram, 1967). De acordo com Watts & Strogatz (1998) uma rede é considerada mundo pequeno se atende a dois critérios básicos:

i. O coeficiente de agrupamento de uma rede real quando comparado com uma rede randômica com o mesmo número de nós, conexões e densidade, apresenta um valor muito superior;
ii. O tamanho de caminho característico (*characteristic path length*) da rede real apresenta um valor ligeiramente superior ao da rede randômica com as mesmas configurações.

Essas características, tipicamente opostas, representadas por um alto grau de agrupamento e uma baixa distância média entre os nós, apontam que a distância entre dois nós ou autores na rede é separada por poucos intermediários.

O conceito de rede randômica foi introduzido por Erdos e Rényi em 1959 e assume que em uma rede com *N* nós, uma conexão entre cada par de nós (*i*, *j*) tem uma probabilidade *p* de existir (Newman *et al.*, 2002).

O *software ORA* gera uma rede com o mesmo tamanho e densidade da rede real e as conexões entre os nós são distribuídos aleatoriamente de acordo com o modelo de Erdos e Rényi (Erdos & Rényi, 1959). A FIG. 18 mostra que as redes de colaboração em P&D do IPEN, para todos os períodos analisados, podem ser interpretadas como redes de mundo pequeno, pois atendem aos critérios expostos anteriormente.

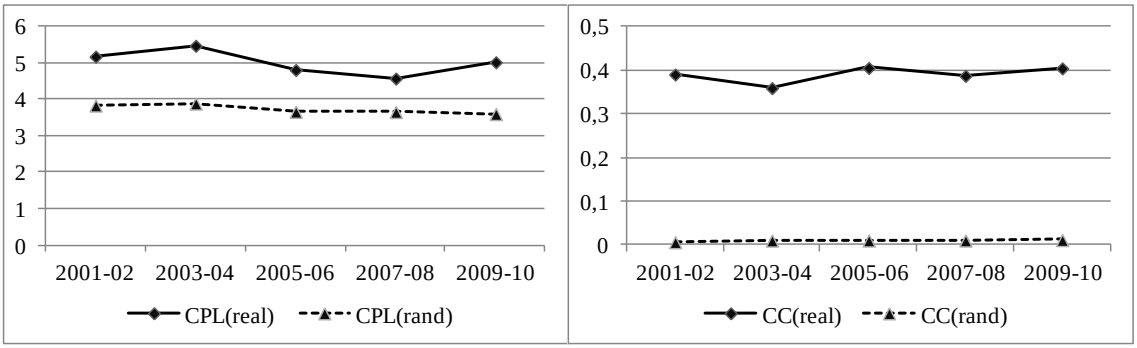


Figura 18. Critérios para avaliar redes de mundo pequeno.

Legenda: CPL(real) e CPL(rand) – characteristic path length das redes real e randômica; CC(real) e CC(rand) – cluster coefficient das redes real e randômica.

Um percentual aproximado de 11% a 14% dos autores estão posicionados estruturalmente nas redes como *boundary spanners*. Além de mostrar a importância de um autor, este indicador também pode ser usado de forma coletiva para prover informações sobre a vulnerabilidade da rede (Monteiro & Barroso, 2011). Segundo os mesmos autores, os *boundary spanners* que podem causar um impacto significativo em uma rede, geralmente, são aqueles que apresentam um alto valor em outros indicadores de centralidade. Portanto, nem todos *boundary spanners* tem o mesmo poder de fragmentação da rede.

Conforme destacado anteriormente, há um pequeno grupo de autores que não geraram nenhuma publicação técnico-científica com outros autores do IPEN; são os considerados isolados. Isto não quer dizer que esses autores não colaboram com outros autores para a geração de publicações técnico-científicas, uma vez que, podem ter colaborado somente com autores externos ao IPEN, por exemplo, estudantes.

5.3. Características dos maiores componentes das redes

O maior componente em cada uma das redes bienais concentra mais de 80% dos autores, exceção para a rede, período 2005-2006, que apresentou um valor bem próximo, conforme pode ser averiguado na TAB. 7. Isso significa que, aproximadamente, mais de 80% dos autores nas redes estão direta ou indiretamente conectados. Newman (2004a), usando coautoria para analisar a base de dados bibliográficos de pesquisas biomédicas *Medline*, também notou que mais de 80% dos autores concentravam-se no maior componente para as três redes analisadas, que reuniram publicações nas áreas de biologia, física e matemática, as quais são relevantes para a natureza das pesquisas que são realizadas no IPEN. Ressalta-se a dimensão dessas redes, compostas por aproximadamente 1.500.000, 52.000 e 253.000 autores, respectivamente. Nascimento *et al.* (2003) reportaram que aproximadamente 60% dos autores, que publicaram na *SIGMOD*[c], concentravam-se no maior componente. Hou *et al.* (2008) analisaram a rede de colaboração científica baseado nas publicações registradas na *Scientometrics* e apuraram que o maior componente reunia mais de 58% dos autores. Essas descobertas são um indício de que em redes de coautoria, geralmente, o maior componente aglomera mais de 50% dos autores.

Tabela 7. Características dos maiores componentes em cada rede.

	2001 2002	*2003 2004*	*2005 2006*	*2007 2008*	*2009 2010*
Total de autores na rede	402	322	368	377	397
Total de autores no componente	349	259	293	354	367
Quantidade de ligações	980	712	914	1.031	1.118
Densidade	1,61%	2,13%	2,14%	1,65%	1,66%
Densidade relativizada	25,5%	22,9%	27,1%	20,8%	25,4%
Diâmetro	12	17	12	10	13
Maior componente (% de autores)	86,8%	80,4%	79,6%	93,9%	92,4%
Coeficiente de agrupamento	0,58	0,56	0,57	0,55	0,57

[c] *Special Interest Group on Management of Data faz parte da Association for Computing Machinery e reúne vários trabalhos relacionados à área de gerenciamento de dados.*

Por fim, além dessa comprovação, na rede de colaboração em P&D do IPEN um aspecto que pode contribuir para explicar essa aglomeração em um único componente, é o fato que mais de 70% dos autores que constam na rede 2001-2002, também, estarem presentes nas demais redes, o que demonstra que o processo de oxigenação da rede de colaboração em P&D do IPEN, para os períodos estudados, foi bastante tímido. Analisando a TAB. 8 atesta-se que o número de novos servidores contratados por meio de concursos públicos e que se transformaram em autores ou coautores durante os períodos estudados foi extremamente modesto.

Tabela 8. Número de servidores contratados por concurso e os que geraram publicações técnico-científicas em cada período.

Rede	*Contratados por concurso*	*Autores ou coautores*
2001-2002	20	12
2003-2004	1	1
2005-2006	12	6
2007-2008	-	-
2009-2010	53	16

5.4. Popularidade de um autor na rede de P&D do IPEN

Outro objetivo a ser alcançado é avaliar se a posição estrutural que um autor ocupa na rede, com base nos indicadores de centralidade e na formação de *cliques*, pode ser uma vantagem no intuito de ampliar a percepção para que outros autores fiquem propensos a lhe estabelecer vínculos de colaboração.

A avaliação desse aspecto foi estabelecida com a formação de uma nova rede, originada a partir do questionário "*Estudo dos Fatores que Influenciam a Colaboração*" (Apêndice A, p. 124), que, também, foi utilizado para coletar os dados para os propósitos de análise do modelo conceitual.

A terceira parte desse questionário solicitou ao entrevistado que indicasse, pelo menos, cinco nomes de autores do IPEN que procuraria para consolidar uma parceria para o desenvolvimento de um trabalho de P&D. A partir dos nomes indicados originou-se uma

nova rede, denominada de rede de *afinidade*, com 378 pessoas que geraram ou não uma publicação no período estudado, 2001 a 2010. Os nomes citados na rede de *afinidade* e que não constavam na rede de P&D do IPEN no período estudado foram descartados, recompondo a rede de *afinidade* com um total de 342 pessoas que geraram no mínimo uma publicação neste período. A rede de P&D do IPEN com relações dicotomizadas, período 2001 a 2010, foi agrupada formando uma única rede com todas as redes bienais estudadas, para que a popularidade de um determinado autor e a percepção que outros autores têm dele, refletisse uma imagem consolidada durante o período de 10 anos.

Constituída a rede 2001-2010, com relações dicotomizadas, e a rede de *afinidade*, foi utilizado o coeficiente de *Pearson* para analisar as correlações existentes entre os indicadores de ambas as redes. O coeficiente de *Pearson* (*r*) estabelece uma correlação linear bivariada que varia de -1 a +1, indicando a intensidade e a direção da associação. A TAB. 9 apresenta algumas regras práticas que são adotadas para avaliar a intensidade da associação. A direção da associação quando o coeficiente é positivo indica que mudanças nos valores das variáveis tendem a seguir no mesmo sentido, enquanto, um coeficiente negativo indica que os valores das variáveis caminham em sentidos opostos. A fórmula para calcular o *r* é apresentada na expressão 13 (Field, 2009, p. 170).

$$r = \frac{cov_{xy}}{S_x . S_y} \qquad (13)$$

Onde: $cov_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N-1}$ = covariância de *x* e *y*;

S_x = desvio padrão de *x*;

S_y = desvio padrão de *y*.

Tabela 9. Regras práticas para avaliar a força da associação do coeficiente de correlação.

Variação do coeficiente	*Força da associação*
± 0,91 - ± 1,00	Muito forte
± 0,71 - ± 0,90	Alta
± 0,41 - ± 0,70	Moderada
± 0,21 - ± 0,40	Pequena mas definida
± 0,01 - ± 0,20	Leve, quase imperceptível

Fonte: (Hair Jr. et al., 2005, p. 312)

Como na rede de *afinidade* as relações são direcionais adotou-se para essa análise o indicador de centralidade de grau "*in-degree*" (CG_{in}), que representa a quantidade de indicações recebidas por um autor específico e, portanto, reflete a percepção de outros autores em relação a ele, sinalizando a sua popularidade na rede. Para a rede 2001-2010, cujas relações são dicotômicas, utilizaram-se os indicadores de centralidade *CI*, *CP*, *CA* e *CG* e o indicador de formação de *cliques* para verificar o quanto a proeminência de um autor na rede e a participação em grupos coesos amplifica à sua popularidade na rede. Utilizou-se a função *cor.test()* disponível no programa estatístico R[d] para efetuar os cálculos de correlação e de significância estatística.

Observa-se na FIG. 19 que existe uma correlação positiva do indicador CG_{in} com todos os indicadores de centralidade e com o indicador de grupo *clique*. Entretanto, há uma variação na intensidade dessa correlação:

i. Moderada com os indicadores *CI*, *CG* e *Clique*, com valores para o coeficiente de correlação de *Pearson* de 0,545, 0,5 e 0,418, respectivamente;
ii. O indicador *CA* e o indicador *CP* apresentaram, respectivamente, um valor para o coeficiente de *Pearson* de 0,335 e 0,17, considerado pequeno e imperceptível conforme os padrões definidos na TAB. 9.

Todas as correlações apresentaram um nível de significância (valor-*p*) bastante expressivo, lembrando que, para a área de ciências sociais se aceita um nível de significância máximo de 0,05, podendo extrapolar para 0,10 em algumas situações (Hair Jr. *et al.*, 2005, p. 327).

Portanto, pode-se pressupor que os autores melhores posicionados estruturalmente na rede: como intermediários, expresso pelo indicador *CI*, com um número significativo de colaboradores adjacentes, manifestado pelo indicador *CG* e participaram de grupos fechados e coesos, no caso *cliques*, tendem a ampliar a percepção que outros autores têm deles no intuito de estabelecer vínculos de colaboração para o desenvolvimento de trabalhos de P&D e a um conseguinte aumento de sua popularidade.

[d] *www.r-projetc.org.*

```
> cor.test(CGIN,CA,method="pearson",alternative="two.sided")
Pearson's product-moment correlation
data:  CGIN and CA
t = 6.5634, df = 340, p-value = 1.965e-10
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.2377467 0.4262341
sample estimates:
cor
0.335342
```

```
> cor.test(CGIN,CG,method="pearson",alternative="two.sided")
Pearson's product-moment correlation
data:  CGIN and CG
t = 10.6356, df = 340, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.4156111 0.5752112
sample estimates:
cor
0.4996395
```

```
> cor.test(CGIN,CI,method="pearson",alternative="two.sided")
Pearson's product-moment correlation
data:  CGIN and CI
t = 11.9719, df = 340, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.4653810 0.6150845
sample estimates:
cor
0.5445555
```

```
> cor.test(CGIN,CP,method="pearson",alternative="two.sided")
Pearson's product-moment correlation
data:  CGIN and CP
t = 3.1787, df = 340, p-value = 0.001615
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.06500511 0.27105133
sample estimates:
cor
0.1698843
```

```
> cor.test(CGIN,Clique,method="pearson",alternative="two.sided")
Pearson's product-moment correlation
data:  CGIN and Clique
t = 8.4777, df = 340, p-value = 6.661e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.3261283 0.5015619
sample estimates:
cor
0.417731
```

Figura 19. Correlação e significância estatística do indicador CG_{in} com os indicadores de centralidade e clique.

5.5. Características dos autores nas redes com relações dicotomizadas

A característica basilar das redes com relações dicotomizadas é indicar a presença ou ausência de uma relação ou conexão entre dois agentes. No caso da rede de coautoria, essa característica tem a vantagem de retratar a proeminência de um autor na rede em função dos vínculos de colaboração que foram estabelecidos, diferentemente de uma rede com relações valoradas que incorporaria, por exemplo, o número de publicações para computar a proeminência de um autor na rede e, neste caso, um autor com poucos vínculos de colaboração, mas com um grande número de publicações se destacaria. Todavia, como o foco principal nesta seção de análise é dar ênfase a um processo de transferência e disseminação de conhecimento a um número maior de colaboradores, neste sentido, a proeminência de um autor caracterizada por seus vínculos de colaboração é melhor explicada por uma rede com relações dicotomizadas.

Partindo dessa premissa observa-se na FIG. 20 que a relação entre o número de autores com o número de colaboradores, ou seja, coautores somente do IPEN, ostenta uma oscilação para todos os períodos analisados. Nas redes dos períodos 2001/2002 e 2005/2006, ocorreram uma maior concentração de autores estabelecendo vínculos de colaboração com somente um autor do IPEN, ao passo que, para as redes dos períodos 2003/2004, 2007/2008 e 2009/2010, houve uma maior concentração de autores colaborando com dois autores do IPEN. Observa-se, também, que essa concentração de autores estabelece uma relação inversa com o número de colaboradores, ou seja, o aumento do número de colaboradores, que corresponde à centralidade de grau total de cada autor, acarreta uma diminuição na concentração de autores e vice-versa.

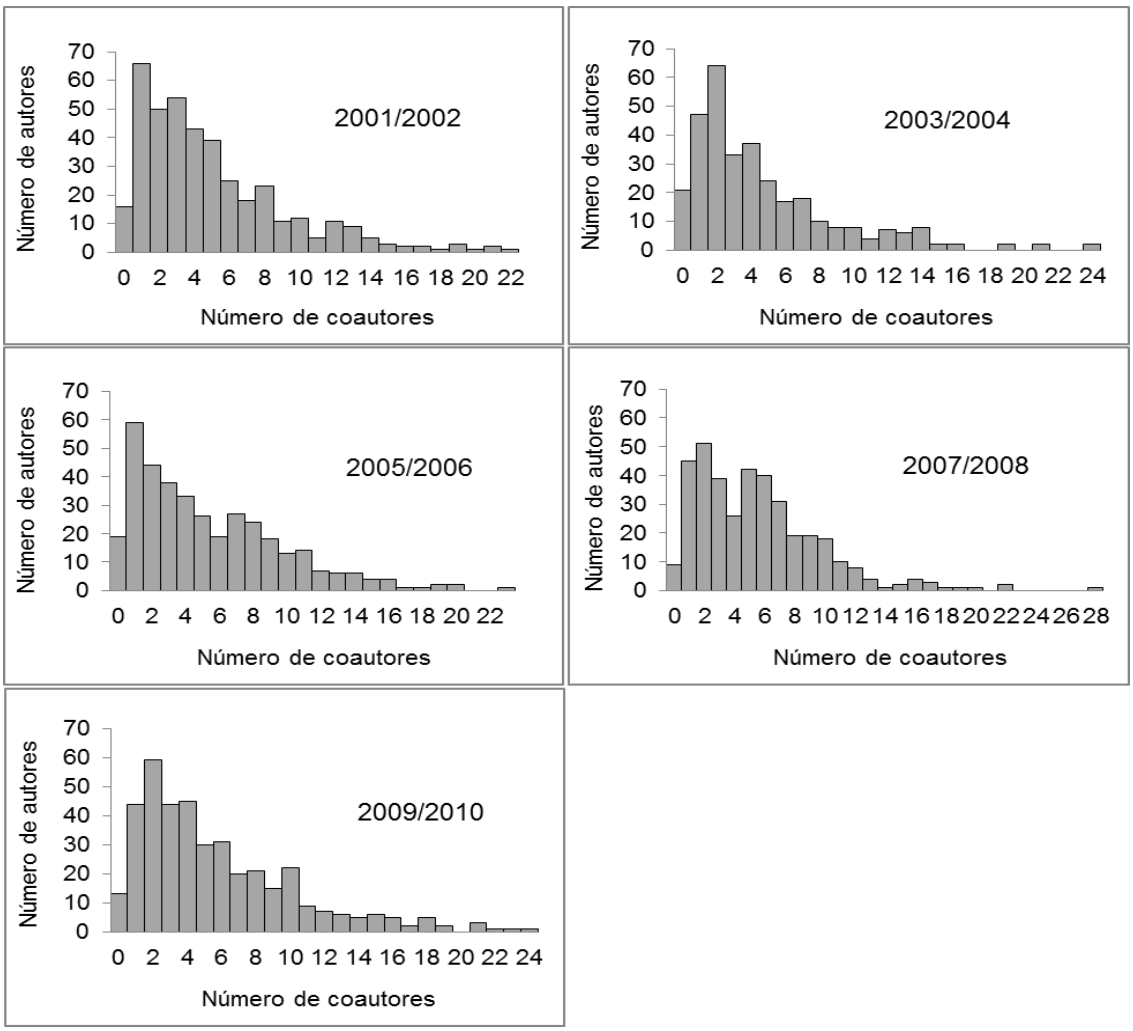


Figura 20. Relação entre número de autores com o número de colaboradores.

A capacidade de um autor em influenciar o desempenho da rede está, basicamente, relacionada à posição estrutural que ocupa na rede (Monteiro & Barroso, 2011). Os indicadores de centralidade são, geralmente, os mais utilizados para avaliar a posição estrutural que um autor ocupa na rede, refletindo seu poder, *status*, prestígio e visibilidade (Marsden, 2005).

A classificação dos autores mais proeminentes nas redes baseou-se em um critério de agregação definido, exclusivamente, para os propósitos deste trabalho. Neste critério de agregação primeiro definiram-se quais indicadores de centralidade melhor representam à proeminência de um autor na rede. Para isso, adotou-se como regra estipular um peso para cada indicador de centralidade que melhor reproduzisse a popularidade de um autor na rede, com o intuito de ampliar a percepção de outros autores para estabelecer vínculos de colaboração com ele em projetos de P&D. Com base na FIG. 19, os indicadores de centralidade de intermediação (*CI*) e de grau (*CG*) foram os que melhor retrataram essa popularidade apresentando valores de correlação bem próximos, sendo, portanto, estipulado o peso 1 para ambos. O indicador de centralidade de autovetor (*CA*) apresentou um valor inferior e, neste caso, atribuiu-se o peso 0,5. O indicador de centralidade de proximidade (*CP*) foi descartado porque apresentou valores de correlação baixos. Cada indicador de centralidade, *CI*, *CG* e *CA*, foi renormalizado com base em seu maior valor, obtendo-se um indicador de classificação com uma escala de valores entre 0 e 1. Esse indicador de classificação, que representa a média ponderada entre os indicadores de centralidade renormalizados e seus pesos para cada biênio, definiu o ranqueamento dos autores.

A FIG. 21 exibe os 25 autores mais proeminentes na rede de colaboração em P&D do IPEN, com base na média apurada em relação ao indicador de classificação para os cinco períodos, na qual o autor *A127* obteve o melhor índice de classificação e o autor *A001* o menor. Como exemplo, observe que o autor *A127* obteve os seguintes valores para o indicador de classificação nos cinco períodos estudados (2001/2002 a 2009/2010), respectivamente: *0,4625*, *0,5691*, *0,7509*, *0,7581* e *0,8070*. Logo a média em relação ao indicador de classificação foi *0,6695*, a mais alta entre os demais autores no montante dos períodos avaliados.

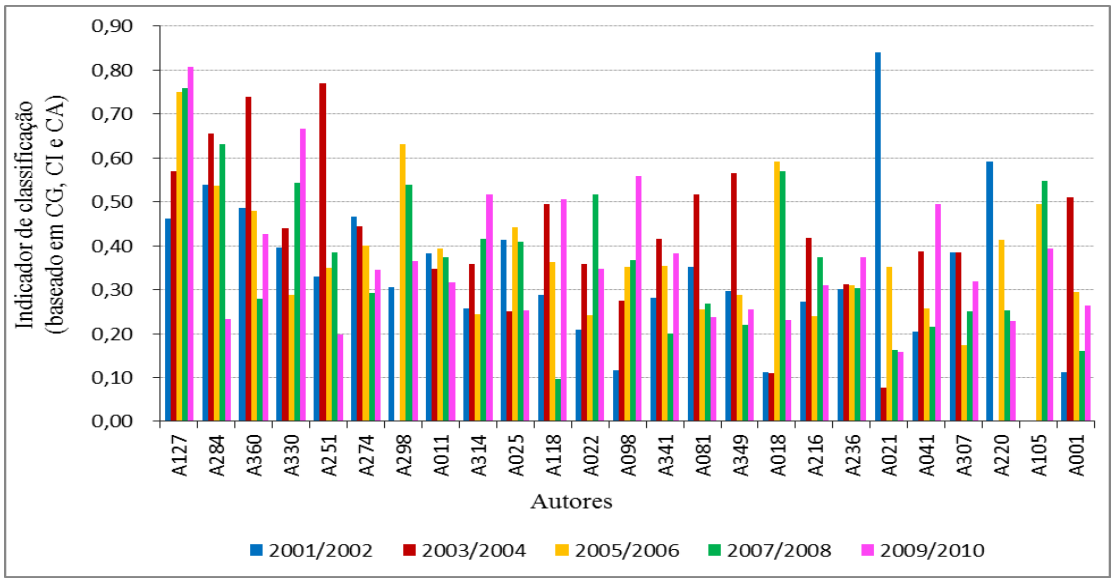


Figura 21. Os 25 autores mais proeminentes na rede de colaboração em P&D do IPEN para os cinco períodos.

A TAB. 10 destaca entre os 25 autores mais proeminentes na rede aqueles que são *boundary spanners* e que, caso sejam removidos, podem causar um impacto significativo na rede, pelos motivos mencionados anteriormente. Esses autores estão destacados em azul nas figuras de 13 a 17, apresentadas anteriormente, refletindo a posição estrutural que ocupam em cada rede bienal.

A FIG. 22 apresenta um panorama da quantidade de grupos coesos (*cliques*) nas redes bienais e a quantidade de autores por *cliques*. Verifica-se que *cliques* com um número menor de autores são mais comuns nas redes do que *cliques* com um número maior de autores.

Tabela 10. Boundary spanners entre os 25 autores mais proeminentes na rede de colaboração em P&D do IPEN.

Autor	***A011***	***A021***	***A025***	***A081***	***A098***	***A118***	***A127***	***A220***	***A274***	***A284***	***A307***	***A314***	***A330***	***A341***
2001/02		*	*						*	*		*	*	*
2003/04		*		*			*				*	*		*
2005/06	*	*	*		*			*				*	*	
2007/08	*				*		*		*	*		*	*	
2009/10						*		*		*			*	

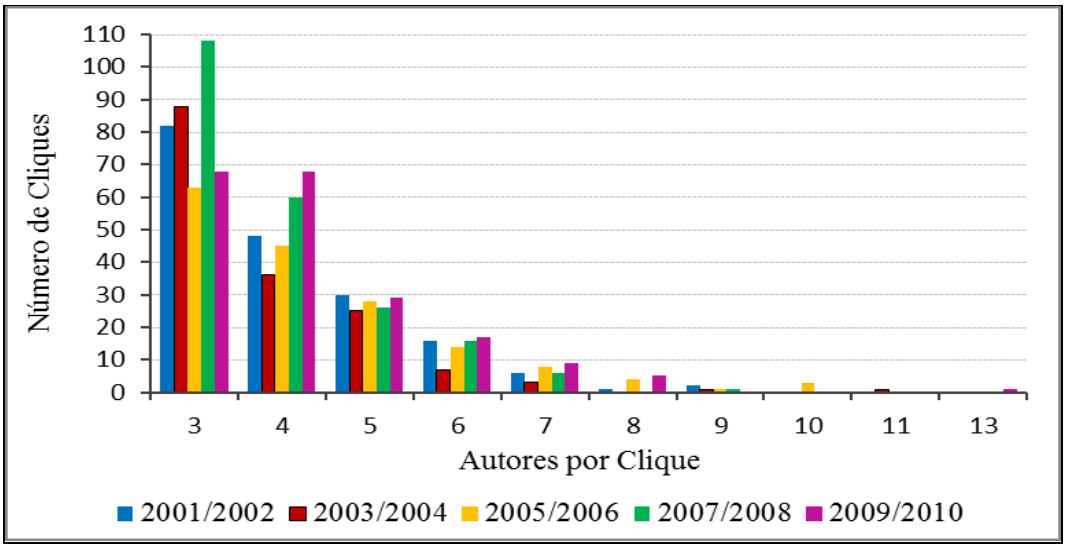


Figura 22. Número de cliques e de autores por clique.

5.6. Produtividade dos autores do IPEN associada aos indicadores de centralidade

A produtividade dos autores foi avaliada com base em duas abordagens citadas em Pravdic & Oluic-Vukovic (1991):

a) <u>contagem normal</u> (*CN*): para cada publicação que o autor aparece é somado 1. Por exemplo, uma publicação com três coautores é computado 1 para cada coautor.

$$CN_j = N_j \tag{14}$$

Onde: N_j é o número total de trabalhos em que o pesquisador *j* aparece como autor ou coautor.

b) <u>contagem fracionária</u> (*CF*): para cada publicação que o autor aparece é somado uma fração. Por exemplo, em uma publicação com um autor e três coautores são computados 1/4 para cada um. Para um pesquisador *j*, a expressão para o cálculo é:

$$CF_j = \sum_{i=1}^{N_j} \frac{1}{n_i} \qquad (15)$$

Onde: n_i é o total de autores da *i-ésima* publicação em que o pesquisador *j* aparece.

O contador *CN* corresponde a um valor inflacionado, já que, para cada autor e coautor é adicionada uma publicação. Em vista disso, o contador que melhor retrata a produtividade dos autores do IPEN é o *CF* que contabiliza uma fração para cada autor ou coautor que tem um vínculo empregatício com o IPEN e com os que não têm, como alunos, pesquisadores de outras instituições etc. Deste modo, utilizando como base o contador *CF*, a produtividade dos autores e coautores do IPEN referente às publicações técnico-científicas corresponde a, aproximadamente, 57%, 53%, 52%, 49% e 47% para os biênios 2001/2002, 2003/2004, 2005/2006, 2007/2008 e 2009/2010, respectivamente. Esses percentuais podem ser abstraídos a partir da FIG. 23.

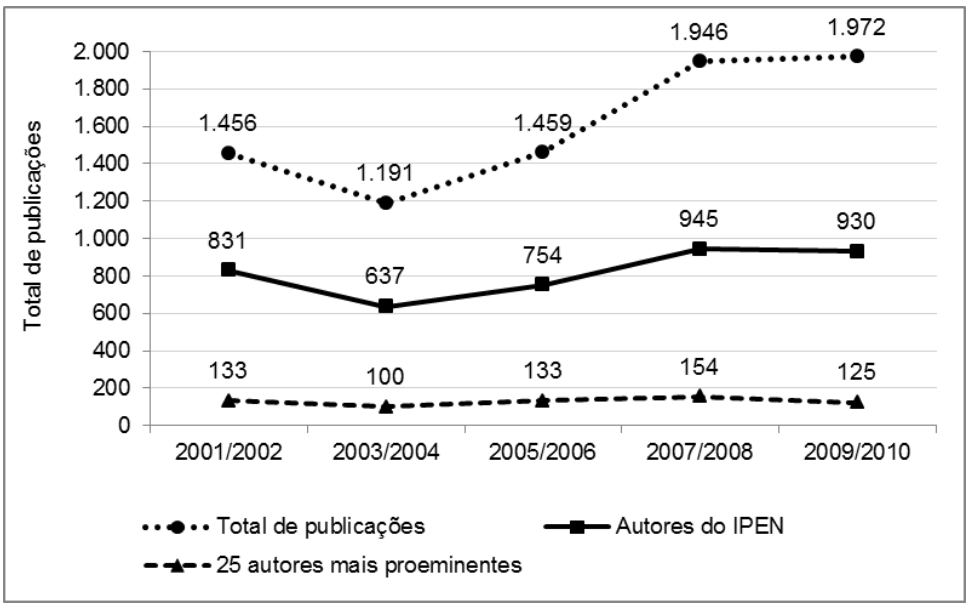


Figura 23. Produtividade dos autores e coautores do IPEN com base no contador CF.

Focalizando nos 25 autores ou coautores do IPEN melhores classificados na rede com base no critério de agregação apresentado anteriormente, a TAB. 11 mostra que

esses autores e coautores alcançaram uma participação na geração de publicações técnico-científicas do IPEN entre 6% e 9%, aproximadamente, nos biênios estudados.

Outro fato é que a geração de uma publicação com um maior número de autores ou coautores do IPEN, representado pelo indicador de centralidade de grau (*CG*), não, necessariamente, sinaliza uma maior produtividade. Como exemplo, compare o número de coautores e a quantidade de publicações do autor *A127* com a do autor *A251*, em que indica que o desenvolvimento de trabalhos com um número maior de coautores do IPEN não reflete em um maior número de publicações em todos os biênios; outros exemplos podem ser garimpados a partir da TAB. 11.

Tabela 11. Produtividade dos 25 autores mais proeminentes com base nas redes bienais com relações dicotômicas.

Ordem	*Autor*	2001/2002			2003/2004			2005/2006			2007/2008			2009/2010		
		CG	*CN*	*CF*	*CG*	*CN*	*CF*	*CG*	*CN*	*CF*	*CG*	*CN*	*CF*	*CG*	*CN*	*CF*
1	A127	20	27	6,0	21	19	4,7	20	34	8,2	28	38	9,1	22	17	3,5
2	A284	22	57	15,2	21	48	11,2	16	68	19,8	16	58	15,9	9	49	14,7
3	A360	21	26	4,4	24	8	1,4	15	12	3,1	9	7	1,4	15	10	1,9
4	A330	18	15	2,4	16	8	1,7	13	12	3,8	17	16	4,7	24	10	2,1
5	A251	15	46	11,3	24	62	14,2	14	44	10,7	17	51	12,2	10	39	10,4
6	A274	16	39	11,2	14	47	14,5	12	42	13,4	11	40	11,6	14	29	7,1
7	A298	13	6	1,0	0	0	0,0	23	9	1,2	20	15	2,5	17	23	3,9
8	A011	17	28	8,4	12	13	3,6	13	13	4,1	16	10	3,2	15	9	2,3
9	A314	12	24	7,5	12	15	4,6	11	19	6,2	18	38	10,9	18	21	5,7
10	A025	19	20	4,7	10	5	1,1	15	6	1,2	13	12	2,9	12	6	0,9
11	A118	13	22	3,6	13	14	2,9	11	11	3,2	6	9	2,8	16	6	1,5
12	A022	8	20	4,7	11	22	5,1	11	19	4,5	16	38	8,0	12	23	4,3
13	A098	4	22	6,4	12	35	8,3	16	72	14,8	17	112	25,3	21	77	18,1
14	A341	10	29	12,0	13	16	3,1	15	31	7,3	11	21	4,6	13	13	3,8
15	A081	12	16	4,8	7	7	1,4	7	8	1,5	10	13	2,8	5	18	6,6
16	A349	14	11	2,2	19	11	2,1	11	7	1,5	8	9	2,4	10	13	3,6
17	A018	6	5	1,1	6	7	1,8	19	13	2,4	19	10	1,8	12	4	0,5
18	A216	13	10	1,9	13	4	0,9	9	6	1,5	14	11	2,8	11	16	3,9
19	A236	15	26	5,7	13	15	2,9	16	41	7,8	16	49	9,8	18	36	6,6
20	A021	21	20	4,9	3	9	4,0	10	8	2,0	7	8	1,4	8	11	2,6
21	A041	10	29	7,5	15	22	5,3	13	28	6,6	10	32	6,9	18	30	6,8
22	A307	12	7	1,8	11	3	0,5	10	9	1,4	13	9	1,4	13	6	1,2
23	A220	19	12	2,4	0	1	1,0	14	13	2,7	12	10	2,6	7	10	3,3
24	A105	0	0	0,0	0	0	0,0	18	5	0,7	22	15	2,7	21	20	3,0
25	A001	5	9	1,9	14	16	3,4	12	15	3,2	9	25	4,6	10	32	6,4
∑*CF*				133,2			99,6			133,1			154,4			124,7
Total de publicações				1.456			1.191			1.459			1.946			1.972
Total de autores				402			322			368			377			397
% publs. Base CF				9,1%			8,4%			9,1%			7,9%			6,3%
% do total de autores				6,2%			7,8%			6,8%			6,6%			6,3%

Todavia, com o intuito de avaliar como esse aspecto referente à produtividade se comportava em relação a todos os autores e coautores em cada rede bienal, calcularam-se as correlações com base no coeficiente de *Pearson* entre o indicador de centralidade de grau *CG* da rede dicotomizada e os indicadores de produtividade *CN* e *CF* de todos os autores e coautores para cada rede bienal.

Observa-se na TAB. 12 que há uma correlação positiva com intensidade moderada entre o número de coautores do IPEN e a produtividade, apontando que o desenvolvimento de trabalhos em colaboração com um número maior de autores do IPEN tende a aumentar a produtividade. Contudo, observa-se que essa tendência vem diminuindo ao longo dos períodos.

Tabela 12. Correlações entre o indicador CG, das redes com relações dicotomizadas, com os indicadores CN e CF.

Períodos das redes	*cor*(CG)	
	cor(CN)	*cor*(CF)
2001/2002	0,569	0,411
2003/2004	0,557	0,409
2005/2006	0,534	0,404
2007/2008	0,529	0,446
2009/2010	0,453	0,334

Nota: todas as correlações apresentaram valor-p < 0,001.

Todos os valores referentes à correlação e significância estatística foram calculados utilizando-se, novamente, a função *cor.test()* disponível no programa estatístico R[e].

[e] *www.r-projetc.org.*

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES BASEADOS NA MEE

Nesta etapa da pesquisa, os resultados alcançados basearam-se na utilização da metodologia de MEE para examinar um conjunto de fatores que podem influenciar a colaboração. Elaborados para os propósitos deste trabalho de pesquisa, esse conjunto de fatores ou construtos foram definidos como todos aqueles que influenciam a forma e as características da interação, as características pessoais e outras particularidades que conformam o ambiente em que tal sistema de redes de colaboração opera.

A avaliação do modelo proposto utilizou uma abordagem baseada em *Partial Least Square* que é uma variante da Modelagem por Equações Estruturais (*Structural Equation Modeling*).

PLS-SEM, conforme definido anteriormente, é uma técnica de modelagem causal cujo propósito é maximizar a variância explicada de variáveis latentes ou construtos dependentes, que é amplamente utilizada em diversas áreas de pesquisa (Hair *et al.*, 2011; Henseler *et al.*, 2009). Essa técnica foi adotada por atender a duas questões básicas dessa pesquisa: avaliação simultânea de um conjunto de variáveis manifestas (indicadores) e variáveis latentes (construtos) e não exigir um tamanho de amostra grande (Henseler *et al.*, 2009).

A apuração dos resultados neste trabalho de pesquisa foi realizada por meio do *software SmartPLS* versão *2.0.M3* (Ringle, Wende & Will, 2005).

6.1. Considerações sobre o tamanho da amostra

Considerando o tamanho da amostra, apesar de algumas discordâncias, uma regra comum que é adotada para definir o tamanho mínimo da amostra equivale a dez vezes o número de relacionamentos direcionados para o construto de maior complexidade no modelo estrutural (Lee *et al.*, 2011). Neste trabalho, o construto "*Propensão Colaborar*" é o de maior complexidade com cinco relacionamentos direcionados, portanto, com base na regra mencionada o tamanho mínimo de amostra necessário seria de 50 casos. Outra regra é apresentada em Hair Jr. *et al.* (2014, p. 21), em que, por exemplo, para se atingir um poder estatístico de 80%, *valor-p* de 5% e detectar um valor de R^2 (coeficiente

de determinação) de 0,10, para um construto com cinco relacionamentos direcionados, são necessários uma amostra mínima de 147 casos.

Outra forma alternativa para avaliar o tamanho de amostra necessário é a utilização de programas computacionais como o *G*Power* (Faul *et al.*, 2007). Resumidamente, *G*Power* é um programa para análise de poder estatístico comumente utilizado em ciências sociais e comportamentais. Hair Jr. *et al.* (2014, p. 104) recomendam utilizar os valores de *0,80* e *0,15* para os parâmetros *poder do teste (power)* e *tamanho do efeito (effect size)*, respectivamente. Como no modelo original o construto de maior complexidade tem cinco construtos preditores e para um *valor-p* de no máximo *0,05*, a amostra mínima recomendada deve ser de 92 casos, ao passo que, para o modelo ajustado um construto com seis preditores e os mesmos parâmetros definidos anteriormente, a amostra mínima recomendada deve ser de 98 casos. A FIG. 24 apresenta os resultados obtidos utilizando o programa *G*Power 3.1.0*.

Com base no que foi exposto, todas as regras de amostra mínima recomendada foram contempladas, decorrente de uma amostra com 183 casos refinados e adequados que foram utilizados nas análises realizadas neste trabalho.

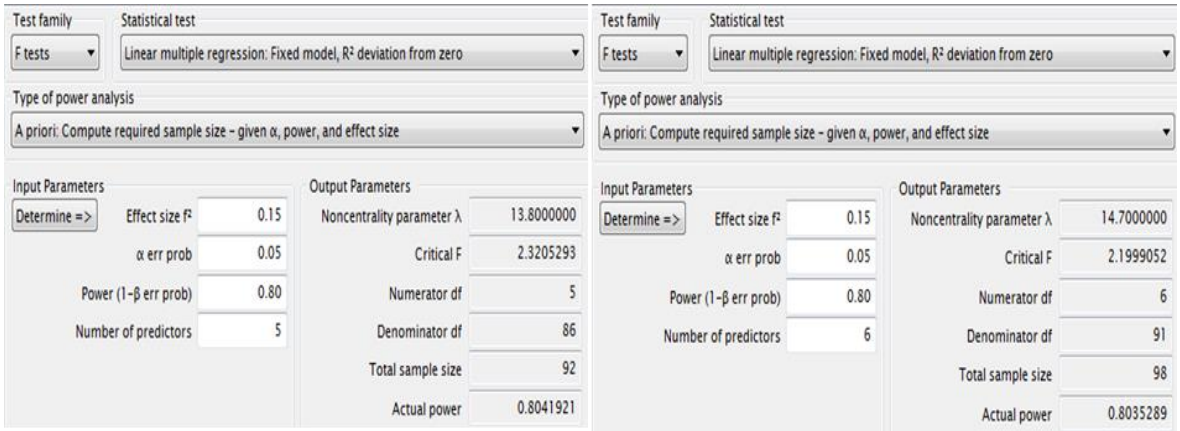


Figura 24. Amostra mínima recomendada com base em cinco e seis construtos preditores.

6.2. Critérios utilizados para a avaliação do modelo conceitual proposto

A validade de um construto consiste em avaliar a proporção que um conjunto de itens ou indicadores está relacionado ao construto a que se propõe a medir, evidenciando que os valores medidos obtidos na amostra refletem os da população (Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 591). A confiabilidade dessa relação causal entre indicador e construto é avaliada por meio do modelo de mensuração, ao passo que, as relações entre os construtos são realizadas por meio do modelo estrutural.

6.2.1. Avaliação do modelo de mensuração

O modelo de mensuração especifica os relacionamentos entre as variáveis latentes ou construtos e seus indicadores (Lee *et al.*, 2011).

No modelo de mensuração proposto os indicadores foram especificados como reflexivos. Como em modelos reflexivos a causalidade está relacionada às manifestações do construto, os seus indicadores deveriam ser altamente correlacionados e a remoção de um indicador não afetaria o significado do construto, se este apresenta confiabilidade suficiente (Hair Jr. *et al.*, 2010, p. 735). Desta forma, as relações de causalidade entre os construtos e os seus indicadores devem atender a critérios de validade convergente, validade discriminante e confiabilidade. Isto porque, de acordo com Gefen & Straub (2005), PLS-SEM realiza uma análise fatorial confirmatória (AFC) e, como em AFC, os indicadores são previamente definidos para representar construtos específicos no modelo, e, portanto, recomenda-se examiná-los a fim de verificar se há validade convergente e discriminante.

6.2.1.1. Validade de face

Avaliação subjetiva dos itens do questionário e sua correspondência com o construto ou conceito, é realizada por meio de análises de especialistas, pré-testes ou outros meios (Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 125).

A validade de face foi conduzida amparada em avaliações e observações recomendadas pelos 25 autores selecionados para a fase de pré-teste. Foi solicitado a esses autores para avaliarem a redação, a consistência e, finalmente, se o agrupamento das assertivas estava condizente com a estrutura de fatores proposta: cognitivos, emocionais,

culturais, que representam a semelhanças culturais, e os circunstanciais, que constitui elementos que motivam a colaboração.

6.2.1.2. Validade convergente

A validade convergente avalia o quanto os indicadores de um construto específico convergem ou compartilham uma proporção de variância em comum (Hair Jr. *et al.*, 2010, p. 686). Para indicar validade convergente é recomendada uma variância média extraída (*average variance extracted* – AVE) acima de 0,5 e as cargas fatoriais devem ser superiores a 0,7, mas para escalas novas, como em estudos exploratórios, cargas fatoriais acima de 0,5 são aceitáveis (Hulland, 1999; Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 591-592).

A AVE indica que o construto explica pelo menos a metade da variância de seus indicadores (Hair *et al.*, 2011). Validade convergente é uma forma de verificar a unidimensionalidade da escala (Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 126).

A expressão para o cálculo da AVE é (Fornell & Larcker, 1981):

$$AVE = \frac{\sum \lambda_i^2}{\sum \lambda_i^2 + \sum \mathrm{var}(\varepsilon_i)} \qquad (16)$$

Onde: λ_i refere-se às cargas fatoriais do construto correspondente;
$\mathrm{var}(\varepsilon_i) = 1 - \lambda_i^2$

6.2.1.3. Validade discriminante

Um complemento para a validade convergente é a validade discriminante, que provê evidências que medidas de um construto diferem de medidas de outro construto no modelo (Hulland, 1999). Isso implica que um construto é único, representando fenômenos que não são representados por outros construtos no modelo (Hair Jr. *et al.*, 2014, p. 104).

Há dois critérios que normalmente são empregados para a avaliação da validade discriminante. O primeiro critério utiliza uma abordagem sugerida por Fornell & Larcker (1981), em que o resultado da raiz quadrada dos valores da AVE para cada construto não devem ser inferiores aos valores das correlações entre os demais construtos no modelo. A ideia é que um construto deve compartilhar mais variância com os seus indicadores associados do que com qualquer outro construto (Hair Jr. *et al.*, 2014, p. 105).

O segundo critério é o de cargas cruzadas, no qual as cargas fatoriais dos indicadores associados a um construto específico devem ser maiores que as cargas fatoriais em outros construtos (Hair *et al.*, 2012; Hair *et al.*, 2011). A ocorrência de cargas cruzadas, do termo em inglês *cross loadings*, indica um problema de validade discriminante (Hair Jr. *et al.*, 2014, p. 105; Hair Jr. *et al.*, 2010, p. 688).

Neste trabalho de pesquisa, os dois critérios mencionados foram aplicados para avaliar a validade discriminante.

6.2.1.4. Confiabilidade da escala

A confiabilidade composta e o alfa de *Cronbach* (Cronbach, 1951) são medidas de confiabilidade que avaliam se um conjunto de indicadores está consistente ou coerente com o construto que se pretende medir e não se recomendam, para ambas as medidas, valores inferiores a 0,7 (Hair Jr. *et al.*, 2014, p. 101; Silva *et al.*, 2008; Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 544, 592; Tenenhaus *et al.*, 2005).

Todavia, em análises que empregam PLS-SEM muitos autores (Silva *et al.*, 2008; Hair *et al.*, 2011; Bagozzi & Yi, 1988) recomendam utilizar a confiabilidade composta (CoC) como medida de confiabilidade. Isto porque o alfa de *Cronbach* tende a subestimar a consistência interna de variáveis latentes em modelos baseados em PLS-SEM (Henseler *et al.*, 2009).

A confiabilidade é uma medida de validade convergente (Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 592) e a expressão para o cálculo da confiabilidade composta é a seguinte (Fornell & Larcker, 1981):

$$CoC = \frac{(\sum \lambda_i)^2}{(\sum \lambda_i)^2 + \sum \mathrm{var}(\varepsilon_i)} \qquad (17)$$

6.2.2. Avaliação do modelo estrutural

O modelo estrutural caracteriza-se pelas relações existentes entre os construtos em um modelo conceitual. Permite analisar se as relações hipotéticas formuladas no nível teórico são empiricamente aceitáveis (Pavlou & Chai, 2002).

A avaliação do modelo estrutural fundamentou-se nas indicações sugeridas por Hair *et al.* (2011), Henseler *et al.* (2009), Hair Jr. *et al.* (2014, p. 168-184) e Ringle *et al.* (2014). De acordo com esses autores a avaliação do modelo estrutural deve atentar para os seguintes critérios:

(a) O poder de explicação do modelo por meio do coeficiente de determinação (R^2);
(b) A magnitude e significância estatística dos coeficientes de caminho;
(c) A qualidade de ajuste do modelo.

A capacidade do modelo conceitual em explicar a variância do construto "*Propensão Colaborar*" será medida por meio do coeficiente de determinação (R^2). O R^2 é uma medida da proporção da variância da variável dependente (por exemplo, "*Propensão Colaborar*") em torno de sua média que é explicada pelas variáveis independentes ou preditoras (Hair Jr. *et al.*, 2009, p. 150). No caso do PLS-SEM representa a proporção de variância do construto endógeno que é explicada por todos os construtos que possuem um caminho direcional apontando a ele. Os valores de R^2 variam de 0 a 1, sendo que quanto maior o valor do R^2 maior o poder de explicação da variância no construto endógeno. Para as áreas de ciências sociais e comportamentais valores de 0,02, 0,13 e 0,26, para o R^2, são classificados como fraco, moderado e grande, respectivamente (Cohen, 1992). Todavia, Hair Jr. *et al.* (2014, p. 175) e Hair *et al.* (2011) indicam que valores para o R^2 maiores que 0,20 são considerados elevados em disciplinas que estudam o comportamento do consumidor.

A análise da significância estatística dos coeficientes de caminho (β) foi realizada por meio da técnica de *bootstrapping*. Esta é uma técnica de reamostragem aleatória, com substituição, que é reproduzida a partir da amostra original. Geralmente, 5.000 subamostras são definidas previamente para todo o processo de reamostragem (Henseler *et al.*, 2009; Wong, 2013; Hair Jr. *et al.*, 2014, p. 127; Hair *et al.*, 2011). A técnica de *bootstrapping* fornece os valores *t* de *student* para avaliar os coeficientes no modelo de mensuração e estrutural. Geralmente, se aceita um nível de significância (*valor-p*) $\leq$ 5%, o que corresponde a um *valor-t* $\geq$ 1,96, podendo ser ampliado para um *valor-p* $\leq$ 10%, que representa um *valor-t* $\geq$ 1,65, em situações em que a natureza do estudo é exploratória (Cohen, 1992; Hair *et al.*, 2011; Hair Jr. *et al.*, 2005, p. 327). Esses valores do

t de *student* permitem avaliar se as hipóteses definidas para o modelo são suportadas, ou seja, se a hipótese nula deve ser rejeitada ou não.

A qualidade de ajuste do modelo foi avaliada com base em dois índices: relevância ou validade preditiva e o tamanho do efeito. A relevância preditiva do modelo foi avaliada por meio do teste de *Stone-Geisser´s* Q^2 (Stone 1974; Geisser, 1974). Esse teste avalia a capacidade do modelo em predizer adequadamente os indicadores do construto endógeno (Henseler *et al.*, 2009). Q^2 foi calculado utilizando o procedimento de *blindfolding* que é aplicado somente para construtos endógenos que tem um modelo de mensuração reflexivo (Hair *et al.*, 2011). *Blindfolding*, que está disponível no programa *SmartPLS*, disponibiliza dois resultados: *cross-validated redundancy (CV red)* e *cross-validate communality*. Hair *et al.* (2011), e Henseler *et al.* (2009) sugerem utilizar o *CV red*, uma vez que, avalia a predição dos dados para os modelos de mensuração e estrutural. Valores de Q^2 maiores que zero sugerem que os construtos preditores de um determinado construto endógeno apresentam relevância ou validade preditiva (Ayeh *et al.*, 2012; Hair *et al.*, 2011).

Por fim, o tamanho do efeito (f^2) ou indicador de *Cohen* (Ringle *et al.* (2014) avalia quanto um construto exógeno específico contribui nos valores de R^2 do construto endógeno no modelo (Wong, 2013). Valores de 0,02, 0,15 e 0,35 são considerados pequenos, médios e grandes, respectivamente (Cohen, 1992). A expressão para o cálculo do tamanho do efeito é (Hair Jr. *et al.*, 2014, p. 177):

$$f^2 = \frac{R^2_{inc} - R^2_{exc}}{1 - R^2_{inc}} \tag{18}$$

Onde R^2_{inc} e R^2_{exc} são os valores do R^2 do construto endógeno quando um construto exógeno é incluído ou excluído do modelo.

A interpretação dos indicadores Q^2 e f^2 revela se os construtos desempenham ou não um papel relevante para a acurácia e ajuste geral do modelo (Ringle *et al.*, 2014).

6.3. Ajustando o modelo conceitual original

Conforme mencionado anteriormente, um modelo de mensuração pode ser reflexivo ou formativo. Recapitulando, em um modelo de mensuração com indicadores reflexivos presume-se que a causalidade é manifestada pelo construto e, portanto, as setas são direcionadas do construto para os indicadores. Desta forma, para os propósitos deste trabalho de pesquisa, o modelo de mensuração foi elaborado com indicadores reflexivos. A FIG. 25 apresenta os modelos de mensuração e estrutural propostos originalmente, os quais constituem o modelo conceitual geral a ser mensurado.

6.3.1. Observações sobre o modelo conceitual proposto originalmente

A constituição do modelo conceitual proposto originalmente não atendeu a alguns critérios básicos fundamentais de validade e confiabilidade. Observa-se na FIG. 25 que os indicadores *COG02*, *CUL19*, *EMO09* e *EMO10*, que são itens referentes às assertivas definidas para o questionário (ver Apêndice B, p. 130), apresentaram valores de cargas fatoriais inferiores ao valor mínimo recomendado de 0,5. O indicador *CUL19* apresentou um valor de carga fatorial muito baixo e atípico em relação aos demais em sua dimensão e, portanto, optou-se por removê-lo do modelo.

No caso dos construtos "*Cognitivos*" e "*Emocionais*" removendo os indicadores *COG02*, *EMO09* e *EMO10* o valor apurado para a AVE foi de aproximadamente 0,45 para ambos os construtos, abaixo do mínimo recomendado de 0,5. Como esses construtos tratam de características inerentes aos traços pessoais e como se correlacionaram com uma intensidade moderada, conforme pode ser notado na TAB. 13, decidiu-se por agrupá-los em um construto de segunda ordem.

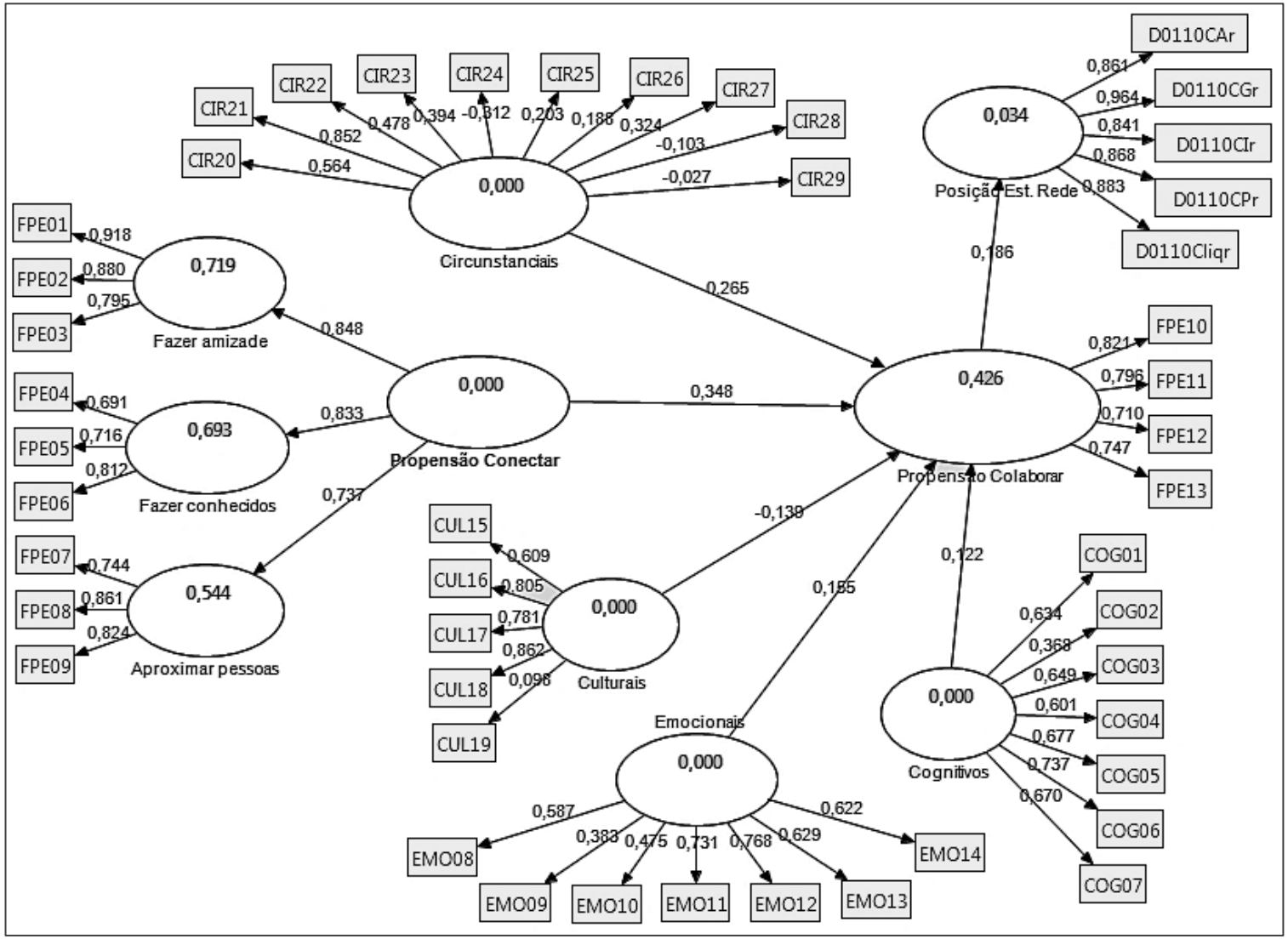


Figura 25. Modelo conceitual de mensuração e estrutural proposto originalmente.

Construtos de segunda ordem, caracterizados como multidimensionais, são utilizados para representar várias dimensões distintas de um conceito teórico único (Edwards, 2001). Neste estágio de abstração multidimensional presume-se que os construtos envolvidos sejam correlacionados (Law, Wong, Mobley, 1998; Wetzels *et al.*, 2009). Alguns autores têm relatado que o uso de construtos multidimensionais permite a definição de modelos mais parcimoniosos, portanto, com um menor grau de complexidade (Wetzels *et al.*, 2009).

Mesmo agrupando os construtos "*Cognitivos*" e "*Emocionais*" em construtos de segunda ordem, as cargas fatoriais dos indicadores *COG02*, *EMO13* e *EMO14* e os valores apurados para a AVE desses construtos ficaram muito aquém do mínimo recomendado de 0,5, conforme pode ser constatado na *simulação 1* apresentada no Apêndice D (p. 135). Diante disso, optou-se por removê-los do modelo.

Ainda assim, o construto "*Cognitivos*" apresentou um valor de AVE de 0,45. Neste caso, a solução adotada foi remover o indicador *COG05* que apresentou uma carga fatorial de 0,583, a mais baixa em relação aos demais indicadores desta dimensão. Com esta nova configuração, o construto "*Cognitivos*" apresentou um valor de AVE de 0,49, muito próximo ao mínimo recomendado.

Tabela 13. Correlação entre os construtos do modelo original especificado na FIG. 25.

	#1	*#2*	*#3*	*#4*	*#5*	*#6*	*#7*	*#8*	*#9*
1. Circunstanciais	1								
2. Cognitivos	0,43	1							
3. Culturais	-0,11	-0,10	1						
4. Emocionais	0,35	**0,54**	0,06	1					
5. Aproximar pessoas	0,17	0,15	-0,10	0,24	1				
6. Fazer amizade	0,21	0,16	0,06	0,20	0,37	1			
7. Fazer conhecidos	0,13	0,17	-0,06	0,28	0,46	0,58	1		
8. Propensão Conectar	0,22	0,20	-0,03	0,29	0,74	0,84	0,83	1	
9. Propensão Colaborar	0,46	0,39	-0,19	0,40	0,40	0,39	0,34	0,48	1

No caso do construto "*Circunstanciais*", que representa os fatores circunstanciais que motivam a colaboração, observa-se que praticamente todos os indicadores apresentaram valores de carga fatorial inferiores ao mínimo recomendado, exceção para *CIR20* e *CIR21*. Neste caso, recorreu-se à técnica de análise de componentes principais (ACP), que é uma abordagem embasada na análise fatorial, cujo propósito é o

redimensionamento dos dados de um grande número de variáveis observadas em um conjunto menor de variáveis não correlacionadas, ou com um grau de correlação notadamente ínfimo, descritas geralmente como fatores, que explicam a maior parte da variância observada a partir desses dados. A proposta da ACP (Manly, 2008, p. 89) é a partir de um conjunto de variáveis observadas X_1, X_2, ..., X_p encontrar combinações para produzir F_1, F_2,...,F_p fatores não correlacionados que retratam as variações e as diferentes dimensões nos dados e, $var(F_1) \geq var(F_2) \ldots \geq var(F_p)$, onde $var(F_i)$ representa a variância de F_i.

No programa estatístico R, a função *PCA* (*principal components analysis*) disponível no pacote *FactoMineR* (Husson *et al.*, 2015), auxiliou em revelar o comportamento dos indicadores do construto "*Circunstanciais*". A TAB. 14 apresenta uma concepção da matriz de cargas fatoriais para os indicadores do construto "*Circunstanciais*" mostrando que vários indicadores apresentaram cargas fatoriais expressivas em mais de uma dimensão. Também, revelou que a atribuição de três fatores (dimensões) explica aproximadamente 60% da variância e, desta forma, a solução proposta foi agrupar os indicadores em três fatores interpretáveis. Esses resultados serviram como alicerce para a reprodução de várias simulações no programa *SmartPLS 2.0.M3*, que são apresentadas no Apêndice D (p. 135).

Tabela 14. Gerado com a função PCA do pacote FactoMineR disponível no programa R.

Correlações - dimensões		Dim_1	Dim_2	Dim_3	Dim_4	Dim_5	Dim_6	Dim_7	Dim_8	Dim_9	Dim_10
	CIR20	**0,557**	0,326	0,133	-0,132	**0,594**	0,178	-0,338	-0,221	-0,029	-0,011
	CIR21	0,287	**0,697**	0,357	0,206	-0,075	0,333	0,163	0,324	0,098	0,059
	CIR22	**0,765**	0,315	-0,209	-0,242	-0,216	-0,069	0,045	0,013	0,003	-0,401
	CIR23	**0,660**	0,307	-0,371	-0,401	-0,209	-0,008	0,074	-0,068	-0,113	0,323
	CIR24	**0,528**	**-0,446**	**-0,477**	0,081	0,258	0,201	0,006	0,288	0,313	0,019
	CIR25	**0,536**	0,028	-0,279	**0,718**	-0,035	0,053	0,007	-0,115	-0,318	-0,004
	CIR26	**0,661**	-0,203	0,259	0,177	**-0,418**	0,028	-0,244	-0,260	0,342	0,059
	CIR27	**0,613**	0,103	0,182	0,141	0,238	**-0,680**	0,131	0,110	0,096	0,065
	CIR28	**0,579**	**-0,484**	0,312	-0,166	-0,120	0,017	-0,273	0,340	-0,318	0,011
	CIR29	**0,562**	**-0,451**	0,295	-0,124	0,136	0,208	**0,518**	-0,211	-0,064	-0,020
Eigenvalues											
		Dim_1	Dim_2	Dim_3	Dim_4	Dim_5	Dim_6	Dim_7	Dim_8	Dim_9	Dim_10
Variance		3,442	1,475	0,916	0,897	0,781	0,697	0,568	0,495	0,454	0,277
% of var.		34,416	14,754	9,163	8,965	7,810	6,968	5,676	4,945	4,536	2,767
Cumulative % of var.		34,416	49,170	58,333	67,299	75,109	82,076	87,752	92,697	97,233	100,0

6.3.2. Comentários sobre os ajustes para o construto "*Circunstanciais*"

Considerando que o modelo proposto originalmente não atendeu aos critérios de validade e confiabilidade várias simulações foram encaminhadas com a finalidade de obter um modelo que atendesse aos critérios de validade e confiabilidade e que amparado no conceito de parcimônia, apresentasse um poder de explicação significativo no campo das ciências sociais e comportamentais.

Os procedimentos adotados para ajustar o construto "*Circunstanciais*", proposto originalmente, apoiaram-se no parâmetro de que as dimensões formadas pelo correlacionamento dos indicadores deveriam apresentar certa coerência com a interpretação dos construtos. Seguindo essa linha de raciocínio, a *simulação 1* agrupou os indicadores *CIR20*, *CIR21*, *CIR22* e *CIR23* em um fator, os indicadores *CIR24*, *CIR28* e *CIR29* em outro fator e em um terceiro fator os indicadores *CIR25*, *CIR26* e *CIR27*. Entretanto, essa configuração não atendeu ao critério de validade convergente para o construto "*Interesses comuns*", uma vez que, apresentou uma AVE de 0,46, inferior ao mínimo recomendado de 0,5 e o poder de explicação (R^2) da *simulação 1* foi de 41%, ligeiramente inferior ao registrado na *simulação 2* de 41,4%. A *simulação 2* foi a que apresentou os melhores resultados e será demonstrada e avaliada mais adiante neste trabalho.

Na *simulação 3* optou-se por remover o indicador *CIR21* do modelo proposto na *simulação 1*. Neste caso, os critérios para validade convergente e confiabilidade foram atendidos, porém, o poder explicativo (R^2) para o construto "*Propensão Colaborar*" foi de 38%, novamente inferior ao apurado na *simulação 2*.

Como os indicadores para os construtos "*Conveniência*", "*Proximidade*" e "*Interesses comuns*" foram propostos originalmente como características relacionadas a fatores circunstanciais, uma quarta simulação foi proposta. Nesta simulação optou-se por agrupar esses três construtos sob o construto "*Circunstanciais*" de segunda ordem, mantendo excluído o indicador *CIR21*. A validade convergente e a confiabilidade foram atendidas, contudo, ocorreu uma queda significativa no poder de explicação ($R^2 = 30{,}9\%$) para o construto "*Propensão Colaborar*".

E, por fim, uma quinta simulação foi encaminhada, reunindo os indicadores *CIR20*, *CIR22*, *CIR23* e *CIR27* no construto "*Interesses comuns*" e os indicadores *CIR24*, *CIR26*, *CIR28* e *CIR29* no construto "*Proximidade e Conveniência*". Esses construtos

foram, então, combinados para formar o construto "*Circunstanciais*" de segunda ordem. Da mesma forma que algumas simulações anteriores, os critérios de validade convergente e confiabilidade foram alcançados, porém, também neste caso, ocorreu uma queda significativa no poder de explicação (R^2 = *31,1%*) para o construto "*Propensão Colaborar*".

Diante de todos esses comentários, a *simulação 2* foi a que melhor se ajustou e será conduzida para os propósitos deste trabalho.

6.3.3. Avaliação do modelo conceitual ajustado

Avaliando todas as simulações optou-se por selecionar a *simulação 2*, FIG. 26, que apresentou um melhor poder de explicação para o construto "*Propensão Colaborar*" e, também, atendeu aos critérios de validade convergente, discriminante e confiabilidade que serão apresentados na sequência.

Em relação ao poder de explicação para o construto "*Posição Est. Rede*", praticamente, em todas as simulações os valores foram similares, variando de 3,6% a 3,8%. O construto "*Posição Est. Rede*" reúne os indicadores de centralidade e *cliques* que foram extraídos da rede de P&D do IPEN, com relações dicotomizadas, que agrupou em uma única rede o período de 2001 a 2010.

Na FIG. 27 é apresentado os resultados obtidos com a técnica de *bootstrapping* disponível no programa *SmartPLS*. O procedimento de *bootstrapping* foi definido para 183 casos e 5000 subamostras. Em relação ao modelo de mensuração observa-se que praticamente todos os indicadores apresentaram valores acima do mínimo recomendado, ou seja, alcançaram um valor para o $t > 1,96$. As exceções foram os indicadores *CIR25*, do construto "*Conveniência*", que obteve um $t = 1,933$, muito próximo do mínimo recomendado, e o *CIR29*, do construto "*Proximidade*", que atingiu um valor de $t = 1,733$. Considerando a natureza exploratória deste estudo e para manter um mínimo de três indicadores para o construto, o indicador *CIR29* foi mantido.

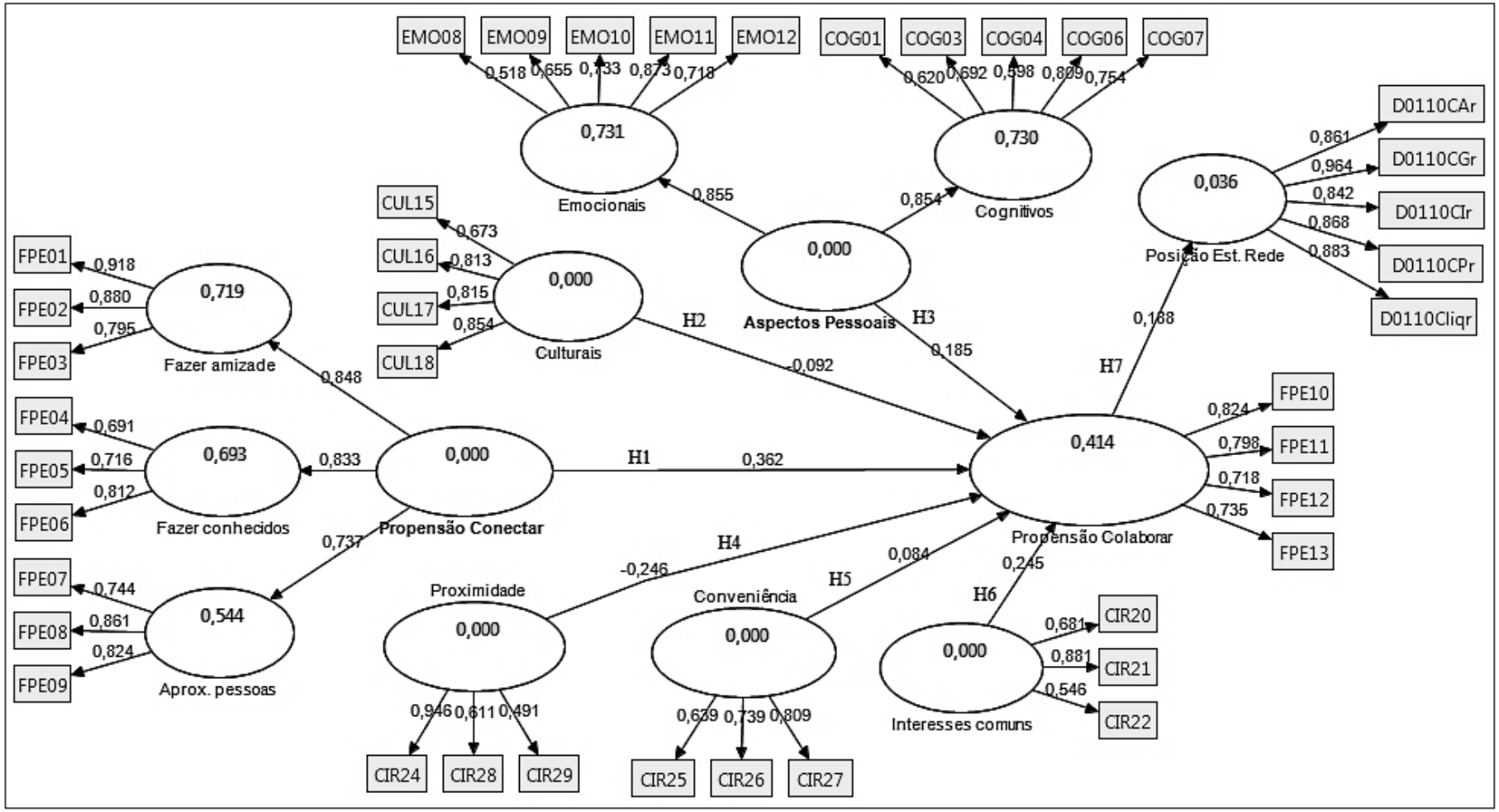


Figura 26. Modelo conceitual ajustado.

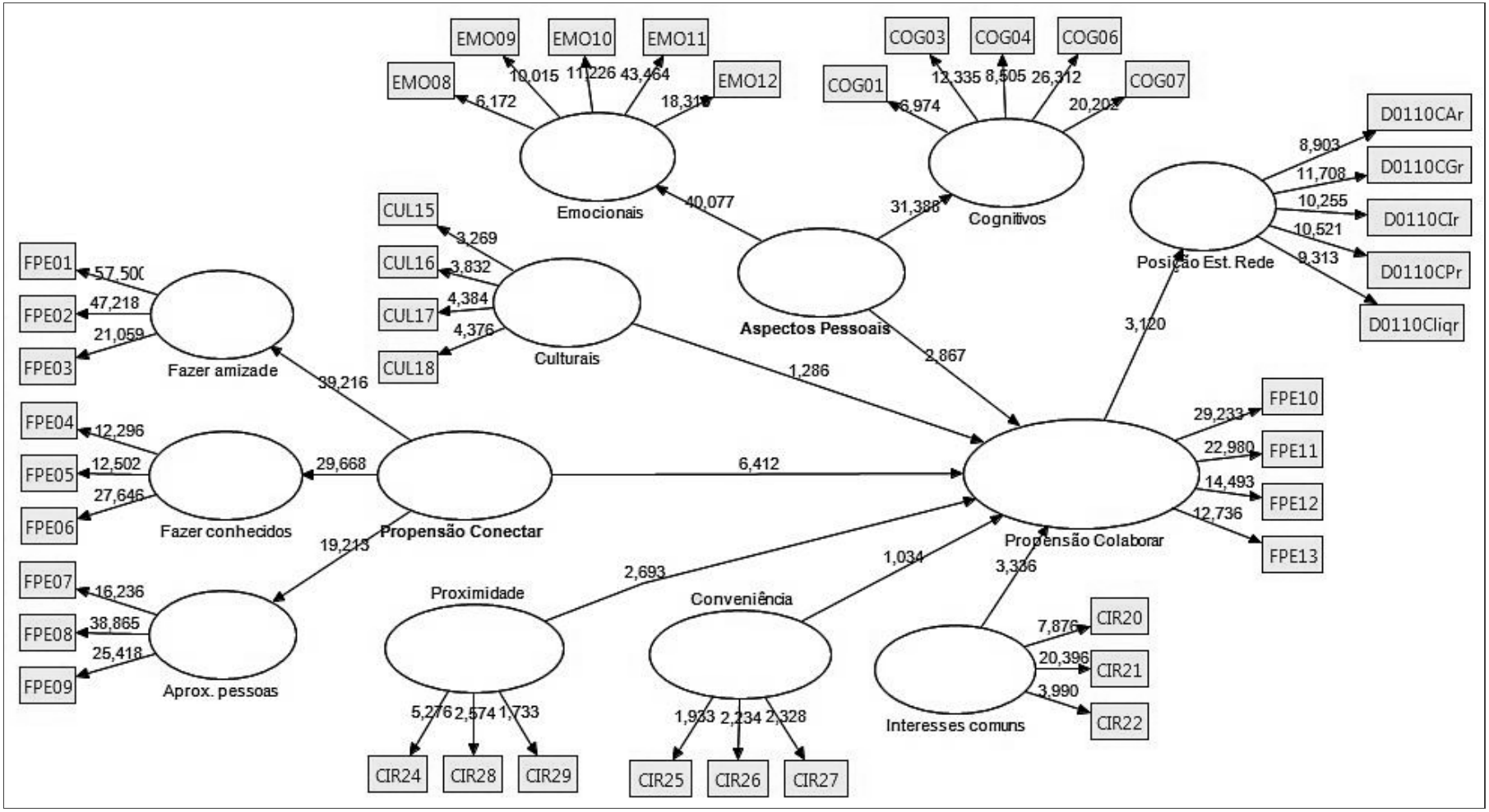


Figura 27. Resultados apurados com a técnica de bootstrapping para o modelo conceitual ajustado.

Diante dessa nova configuração de modelo, apresentada na FIG. 26, fez-se necessário uma redefinição dos conceitos que foram estipulados para o construto "*Circunstanciais*" e, consequentemente, da hipótese que o considerava como um preditor ímpar da propensão à colaboração. Constituídos a partir de uma segmentação do construto "*Circunstanciais*", os novos construtos foram conceitualmente definidos como:

Proximidade:

Circunstâncias que aproximam os autores.

Conveniência:

Circunstâncias que tornam mais conveniente à colaboração, proporcionando vantagens que podem estimular a propensão de um autor em colaborar.

Interesses comuns:

Circunstâncias que proporcionam um estado ou particularidade que são compatíveis e que podem facilitar a propensão à colaboração.

Também, para esta nova configuração de modelo, foi necessário uma redefinição das hipóteses levantadas para o modelo conceitual proposto originalmente. As novas hipóteses foram definidas da seguinte forma:

H1: A propensão para conectar com outras pessoas influencia positivamente a propensão dos pesquisadores em colaborar.

H2: Traços culturais congêneres estimulam a propensão dos pesquisadores em colaborar.

H3: Os aspectos pessoais atrelados a fatores cognitivos e emocionais influenciam na propensão dos pesquisadores em estabelecer vínculos de colaboração.

H4: As circunstâncias relacionadas com aspectos de proximidade contribuem para que os pesquisadores fiquem propensos a estabelecer vínculos de colaboração.

H5: As circunstâncias relacionadas com aspectos de conveniência contribuem para que os pesquisadores fiquem propensos a estabelecer vínculos de colaboração.

H6: As circunstâncias relacionadas aos interesses comuns contribuem para que os pesquisadores fiquem propensos a estabelecer vínculos de colaboração.

H7: A posição estrutural que um autor ocupa na rede pode ser explicada pelo modelo definido para avaliar a propensão à colaboração.

Após a redefinição do construto "*Circunstanciais*" e das hipóteses, o próximo passo é verificar os critérios de validade e confiabilidade do modelo ajustado.

Adotados como primeiro critério para a validade convergente observa-se, na FIG. 26, que todos os valores das cargas fatoriais estão acima de 0,5, exceção para o indicador *CIR29* do construto "*Proximidade*" que apresentou um valor de 0,491, ligeiramente inferior ao mínimo recomendado de 0,5 para estudos exploratórios e, portanto, mantido no modelo.

Analisando os resultados apresentados na TAB. 15 conclui-se que:

(a) Os valores computados para a AVE estão acima do mínimo recomendado de 0,5, exceção para o construto "*Cognitivos*" com um valor de 0,49;

(b) Os valores apurados para a confiabilidade composta estão acima do mínimo recomendado de 0,7;

(c) Esses resultados em conjunto com os apurados para as cargas fatoriais permitem assegurar que o modelo conceitual ajustado apresenta validade convergente e confiabilidade, apesar de alguns valores do alfa de *Cronbach* não terem atingido o mínimo recomendado de 0,7, já que se recomenda adotar a confiabilidade composta como critério de confiabilidade em modelos baseados em PLS-SEM pelos motivos já mencionados;

(d) Com base no critério sugerido por Fornell & Larcker (1981) para avaliar a validade discriminante, verifica-se que os valores da raiz quadrada da AVE, exposto na diagonal da TAB. 15, são superiores aos valores das correlações entre os construtos, o que demonstra que o modelo conceitual ajustado apresenta validade discriminante.

Tabela 15. Valores apurados para as correlações entre os construtos para avaliar validade convergente, discriminante e confiabilidade.

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11
1. Posição Est. Rede	**0,88**										
2. Cognitivos	0,01	**0,70**									
3. Culturais	-0,10	-0,03	**0,79**								
4. Emocionais	-0,01	0,46	0,16	**0,71**							
5. Proximidade	-0,08	0,04	0,41	0,22	**0,71**						
6. Interesses comuns	0,02	0,38	0,11	0,28	0,06	**0,72**					
7. Aproximar pessoas	0,20	0,16	-0,09	0,18	-0,08	0,15	**0,81**				
8. Fazer amizade	0,17	0,17	0,05	0,21	-0,06	0,20	0,38	**0,87**			
9. Fazer conhecidos	0,12	0,18	-0,05	0,25	-0,04	0,13	0,46	0,59	**0,74**		
10. Conveniência	0,08	0,09	0,21	0,22	0,42	0,38	0,00	0,02	-0,12	**0,73**	
11. Propensão Colaborar	0,19	0,34	-0,15	0,26	-0,23	0,40	0,41	0,40	0,36	0,07	**0,77**
AVE	0,78	0,49	0,63	0,50	0,50	0,51	0,66	0,75	0,55	0,54	0,59
Confiabilidade composta	0,95	0,83	0,87	0,83	0,74	0,75	0,85	0,90	0,78	0,77	0,85
Alfa de *Cronbach*	0,93	0,74	0,80	0,74	0,64	0,59	0,74	0,83	0,60	0,58	0,77
Construtos de 2ª ordem	AVE	Conf. Composta		Alfa de *Cronbach*							
Aspectos Pessoais	0,73	0,84		0,80							0,35
Propensão Conectar	0,65	0,85		0,82							0,48

** Os valores na diagonal representam a raiz quadrada dos valores da AVE.*

Em relação aos construtos de segunda ordem o valores referente à AVE e confiabilidade composta não são computados adequadamente pelo programa *SmartPLS 2.0.M3*. Neste caso, é necessário efetuar o cálculo manualmente utilizando as expressões 16 e 17 apresentadas anteriormente. A TAB. 16 mostra os procedimentos para o cálculo da AVE e confiabilidade composta (CoC) para os construtos de segunda ordem.

Tabela 16. Cálculo da AVE e confiabilidade composta para os construtos de segunda ordem.

Construtos	*cargas*		*var(ε_i)*	*AVE*	*CoC*
	λ	λ^2	$1 - \lambda^2$	$\frac{\sum \boldsymbol{\lambda_i^2}}{\sum \boldsymbol{\lambda_i^2} + \sum \boldsymbol{var(\varepsilon_i)}}$	$\frac{(\sum \boldsymbol{\lambda_i})^{\boldsymbol{2}}}{(\sum \boldsymbol{\lambda_i})^{\boldsymbol{2}} + \sum \boldsymbol{var(\varepsilon_i)}}$
Propensão Conectar	0,848	0,719	0,281	0,652	0,849
	0,833	0,694	0,306		
	0,737	0,543	0,457		
Aspectos Pessoais	0,855	0,731	0,269	0,730	0,844
	0,854	0,729	0,271		

Outro critério utilizado para avaliar a validade discriminante é examinar se as cargas cruzadas dos indicadores são maiores nos construtos a que se propõe a medir. Neste caso, observa-se na TAB. 17 que os indicadores apresentaram valores de cargas fatoriais mais expressivos em seus respectivos construtos, consolidando que o modelo de mensuração proposto, também, apresenta validade discriminante com base no critério de cargas cruzadas.

Tabela 17. Valores de cargas fatoriais apuradas para avaliação da validade discriminante.

	ARS	***ICom***	***Conv***	***Prox***	***Cog***	***Cult***	***Emo***	***FAm***	***FCo***	***APe***	***PCol***
D0110CAr	**0,86**	-0,02	0,01	-0,06	0,06	-0,07	0,00	0,15	0,16	0,21	0,15
D0110CGr	**0,96**	0,00	0,07	-0,09	0,01	-0,11	0,00	0,15	0,10	0,18	0,17
D0110CIr	**0,84**	0,06	0,15	-0,07	-0,04	-0,09	0,00	0,16	0,05	0,19	0,22
D0110CPr	**0,87**	0,00	0,05	-0,10	0,00	-0,10	-0,08	0,13	0,09	0,14	0,12
D0110Cliqr	**0,88**	0,00	0,05	-0,05	0,01	-0,06	0,03	0,15	0,15	0,16	0,13
CIR20	-0,04	**0,68**	0,34	0,23	0,30	0,19	0,32	0,12	0,16	0,09	0,23
CIR21	0,02	**0,88**	0,21	-0,13	0,32	-0,03	0,16	0,18	0,08	0,15	0,40
CIR22	0,09	**0,55**	0,51	0,32	0,18	0,27	0,25	0,14	0,06	0,03	0,10
CIR25	0,02	0,26	**0,64**	0,33	0,10	0,22	0,16	0,00	-0,02	-0,03	0,04
CIR26	0,06	0,25	**0,74**	0,38	0,07	0,16	0,21	0,03	-0,08	0,02	0,05
CIR27	0,08	0,33	**0,81**	0,26	0,05	0,12	0,14	0,01	-0,13	0,00	0,07
CIR24	-0,08	0,03	0,33	**0,95**	0,06	0,36	0,23	-0,06	-0,02	-0,08	-0,25
CIR28	-0,07	0,09	0,41	**0,61**	-0,03	0,34	0,12	-0,03	-0,04	-0,03	-0,09
CIR29	0,05	0,13	0,37	**0,49**	-0,03	0,22	-0,02	-0,05	-0,14	-0,11	-0,02
COG01	0,06	0,33	0,18	0,01	**0,62**	-0,01	0,19	0,14	0,06	0,00	0,22
COG03	0,11	0,27	0,16	-0,05	**0,69**	-0,03	0,30	0,11	0,15	0,13	0,30
COG04	-0,03	0,25	0,01	0,06	**0,60**	-0,06	0,28	0,08	0,11	0,10	0,17
COG06	-0,09	0,25	-0,01	0,03	**0,81**	0,02	0,38	0,11	0,12	0,07	0,26
COG07	0,00	0,26	0,01	0,07	**0,75**	-0,04	0,42	0,14	0,19	0,21	0,22
CUL15	-0,03	0,15	0,20	0,21	-0,09	**0,67**	0,13	-0,08	-0,08	-0,05	-0,11
CUL16	-0,09	0,12	0,15	0,33	0,08	**0,81**	0,15	0,13	0,01	0,01	-0,09
CUL17	-0,11	0,10	0,14	0,32	0,03	**0,81**	0,12	0,04	-0,05	-0,14	-0,12
CUL18	-0,08	0,00	0,17	0,43	-0,08	**0,85**	0,10	0,09	-0,03	-0,07	-0,13
EMO08	-0,07	0,19	0,08	0,06	0,21	0,00	**0,52**	0,11	0,11	0,13	0,23
EMO09	-0,03	0,12	0,15	0,24	0,28	0,13	**0,66**	0,23	0,10	-0,05	0,00
EMO10	0,02	0,10	0,25	0,33	0,38	0,19	**0,73**	0,15	0,19	0,13	0,08
EMO11	-0,04	0,23	0,19	0,16	0,29	0,18	**0,87**	0,20	0,27	0,17	0,25
EMO12	0,06	0,35	0,11	0,01	0,44	0,03	**0,72**	0,07	0,18	0,24	0,35
FPE01	0,19	0,22	0,08	-0,02	0,18	0,13	0,20	**0,92**	0,50	0,34	0,31
FPE02	0,12	0,17	-0,06	-0,13	0,16	-0,03	0,20	**0,88**	0,57	0,35	0,38
FPE03	0,13	0,14	0,03	0,00	0,10	0,03	0,14	**0,79**	0,47	0,29	0,34
FPE04	0,08	0,14	-0,15	-0,06	0,14	-0,03	0,21	0,36	**0,69**	0,31	0,30
FPE05	0,07	0,08	-0,08	-0,02	0,15	-0,09	0,13	0,34	**0,72**	0,29	0,21
FPE06	0,11	0,08	-0,06	-0,01	0,13	-0,01	0,21	0,59	**0,81**	0,42	0,28
FPE07	0,18	0,20	0,03	-0,13	0,12	-0,04	0,11	0,20	0,27	**0,74**	0,31
FPE08	0,14	0,08	-0,10	-0,12	0,13	-0,07	0,15	0,32	0,45	**0,86**	0,36
FPE09	0,18	0,10	0,07	0,04	0,13	-0,09	0,18	0,37	0,39	**0,82**	0,31
FPE10	0,14	0,39	0,11	-0,10	0,23	-0,02	0,27	0,39	0,35	0,36	**0,82**
FPE11	0,24	0,31	0,11	-0,16	0,25	-0,13	0,24	0,26	0,34	0,29	**0,80**
FPE12	0,17	0,21	0,06	-0,20	0,22	-0,15	0,11	0,31	0,23	0,38	**0,72**
FPE13	0,02	0,31	-0,06	-0,28	0,35	-0,16	0,17	0,26	0,17	0,22	**0,73**

Legenda: ARS = Análise de redes sociais; ICom = Interesses comuns; Conv = Conveniência; Prox = Proximidade; Cog = Cognitivos; Cult = Culturais; Emo = Emocionais; FAm = Fazer amizades; FCon = Fazer conhecidos; APe = Aproximar pessoas; PCol = Propensão Colaborar.

O modelo conceitual ajustado explica aproximadamente 41% da variância do construto endógeno "*Propensão Colaborar*". A magnitude do R^2 depende da complexidade do modelo e da área de pesquisa. Como mencionado anteriormente, valores de R^2 de 0,20 podem ser considerados significativos em estudos relacionados ao comportamento do consumidor.

Na TAB. 18 observa-se:

a) A influência, caracterizada pelo valor do *beta*, e o percentual que cada construto representa no poder de explicação (R^2) em relação ao construto "*Propensão Colaborar*";
b) Os valores para avaliar o ajuste geral do modelo;
c) Se as hipóteses levantadas são suportadas estatisticamente, ou seja, atendem aos critérios de significância estatística.

Tabela 18. Percentual de explicação de cada construto em relação ao construto "Propensão Colaborar" e avaliação das hipóteses.

		Propensão Colaborar					
	Construtos	β	r	R^2	f^2	t	Hipótese?
H1	Propensão Conectar	0,362	0,481	17,4%	0,189	6,020	*S*
H2	Culturais	-0,092	-0,146	1,3%	0,010	1,281	*NS*
H3	Aspectos Pessoais	0,185	0,354	6,6%	0,044	2,737	*S*
H4	Proximidade	-0,246	-0,233	5,7%	0,068	2,793	*S*
H5	Conveniência	0,084	0,074	0,6%	0,007	0,983	*NS*
H6	Interesses comuns	0,245	0,399	9,8%	0,072	3,408	*S*
	R^2 total	41,4%					
	Q^2	0,242					
		Posição Est. Rede					
H7	Propensão Colaborar	0,188	0,189	3,6%		2,939	S
	Q^2	0,023					

Legenda: S – suportada estatisticamente; NS – não suportada estatisticamente.

Percebe-se que o construto "*Propensão Conectar*", que apresentou uma significância estatística bastante expressiva, é o que apresenta a maior influência (β = *0,362)* e o maior poder de explicação (R^2 = *17,4%*) em relação ao construto "*Propensão Colaborar*", sugerindo que as pessoas que têm facilidade de relacionamento e,

consequentemente, gostam de ter e cultivar amizades tornam-se mais propensas a estabelecer vínculos de colaboração.

As pesquisas que apresentam temas e projetos de natureza comum e a afinidade estabelecida em trabalhos anteriores são circunstâncias que podem ampliar as perspectivas dos autores em estabelecer vínculos de colaboração. Deste modo, o construto "*Interesses comuns*" classificou-se na segunda posição, com $\beta = 0,245$, indicando que há uma influência positiva sobre a propensão de um autor em colaborar sob tais circunstâncias.

A relação inversa entre o construto "*Proximidade*" e o construto "*Propensão Colaborar*" foi fortemente influenciada pelo indicador *CIR24* que representa a assertiva "*nível hierárquico*" no questionário. Removendo o indicador *CIR24* do modelo o valor do coeficiente de caminho (β) é de -0,049, ao passo que, o indicador *CIR24* quando correlacionado com os indicadores *CIR28* ou *CIR29* o valor mínimo apurado para o *beta* foi de -0,239. Esse aspecto, extraído com base na percepção das respostas dos autores do IPEN, sinaliza que há uma pequena resistência desses autores em estabelecer vínculos de colaboração com autores que possuem um nível hierárquico dentro da instituição. Ainda que o nível hierárquico represente uma barreira, os resultados obtidos, também, apontam que os autores do IPEN vinculados a um mesmo setor ou centro ou que tiveram um vínculo acadêmico na graduação ou pós-graduação também demonstraram alguma resistência. A competição científica relatada em (Birnholtz, 2007), na qual, os pesquisadores competem intensamente por reputação, pode ser um dos motivos para essas resistências.

Os construtos "*Culturais*" e "*Conveniência*" não atenderam aos critérios recomendados para a significância estatística e, também, ostentam valores bastante inócuos para o *beta* de -0,092 e 0,083 e com um R^2 de 1,3% e 0,6%, respectivamente. Portanto, esses dois construtos deveriam ser removidos do modelo.

O construto "*Aspectos pessoais*" que abrange fatores cognitivos e emocionais explica 6,6% da propensão à colaboração. Com base no resultado obtido para o *beta* e na significância estatística, conclui-se que os aspectos pessoais influenciam positivamente na propensão de um autor em estabelecer vínculos de colaboração.

Finalmente, o modelo proposto para avaliar a propensão de um autor do IPEN em estabelecer vínculos de colaboração explicou 3,6% da posição estrutural que um autor ocupou na rede de colaboração em P&D do IPEN. Como mencionado anteriormente, a

posição estrutural foi baseada nos indicadores de centralidade e *cliques* da rede dicotomizada que abrangeu, em uma única rede, o período de 2001 a 2010.

Esse valor de 3,6% pode ser considerado insignificante na classificação proposta por Hair *et al.* (2011). Todavia, como um primeiro estudo que combina ARS com MEE, verificou-se que há uma pequena influência da propensão à colaboração sobre a posição estrutural que um autor ocupou na rede e, portanto, sugere-se que novos estudos, nesta mesma linha, sejam conduzidos para que se possa ampliar o entendimento desse aspecto latente que envolve a colaboração científica.

Os valores referentes ao tamanho do efeito dos construtos preditores sobre o construto "*Propensão Colaborar*", apurados na TAB. 18, com base na classificação proposta por Cohen (1992) permitem concluir que:

- Os construtos "*Culturais*" e "*Conveniência*", com valores de 0,01 e 0,007, respectivamente, apresentaram um impacto insignificante;
- Os construtos "*Aspectos pessoais*", "*Proximidade*" e "*Interesses comuns*" apresentaram um tamanho de efeito na faixa entre 0,04 e 0,07, aproximadamente, que podem ser considerados baixos,
- O construto "*Propensão Conectar*", como era de se esperar em função da magnitude do R^2, exerce um impacto moderado sobre o construto "*Propensão Colaborar*".

Observa-se, também, que os valores do Q^2, para ambos os construtos "*Propensão Colaborar*" e "*Posição Est. Rede*", apontam que o modelo apresenta validade preditiva.

Portanto, com base nos valores apurados para Q^2 e f^2 presume-se que os construtos preditores são importantes para o ajuste geral do modelo. A forma como os valores de Q^2 e f^2 foram obtidos é apresentada no Apêndice E (p. 139).

Outro aspecto analisado foi verificar se o modelo conceitual proposto ajustado poderia explicar melhor a posição estrutural dos autores com base na rede de *afinidade*. Portanto, considerando os dados da rede de *afinidade*, onde os autores deveriam indicar um mínimo de cinco pessoas com quem formariam uma parceria, o percentual de explicação do modelo proposto ajustado foi de aproximadamente 3% em relação ao construto "*Posição Est. Rede*", composto pelos indicadores de centralidade CG_{in}, *CA* e *CI* e o

indicador de grupo *cliques*. Os indicadores de centralidade CG_{out} e *CP* foram removidos uma vez que apresentaram valores de cargas fatoriais de 0,182 e 0,073, respectivamente, muito abaixo do mínimo recomendado de 0,5. A FIG. 28 mostra os valores apurados para o modelo ajustado com base nos dados referente à rede de *afinidade* e a FIG. 29 os resultados referentes ao *bootstrapping* que, também, foi definido para 183 casos e 5000 subamostras, para os mesmos dados da rede de *afinidade*.

Conclui-se que o modelo explica melhor a rede de colaboração em P&D com base em coautoria, que é apoiada em evidências, do que a rede de *afinidade* que é baseada na percepção das pessoas para estabelecer vínculos de colaboração para o desenvolvimento de um trabalho de P&D.

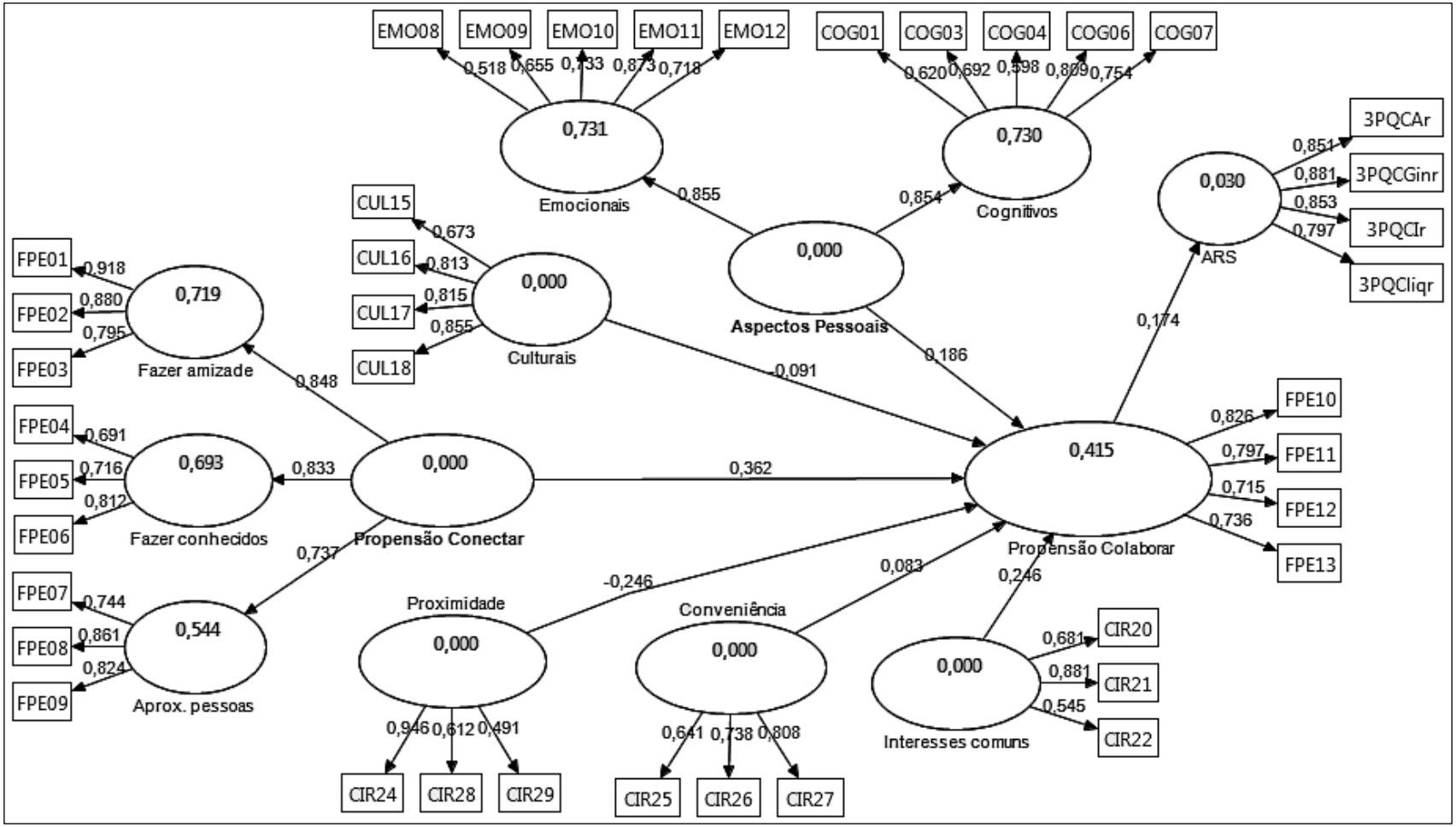


Figura 28. Modelo conceitual ajustado com dados da rede de afinidade.

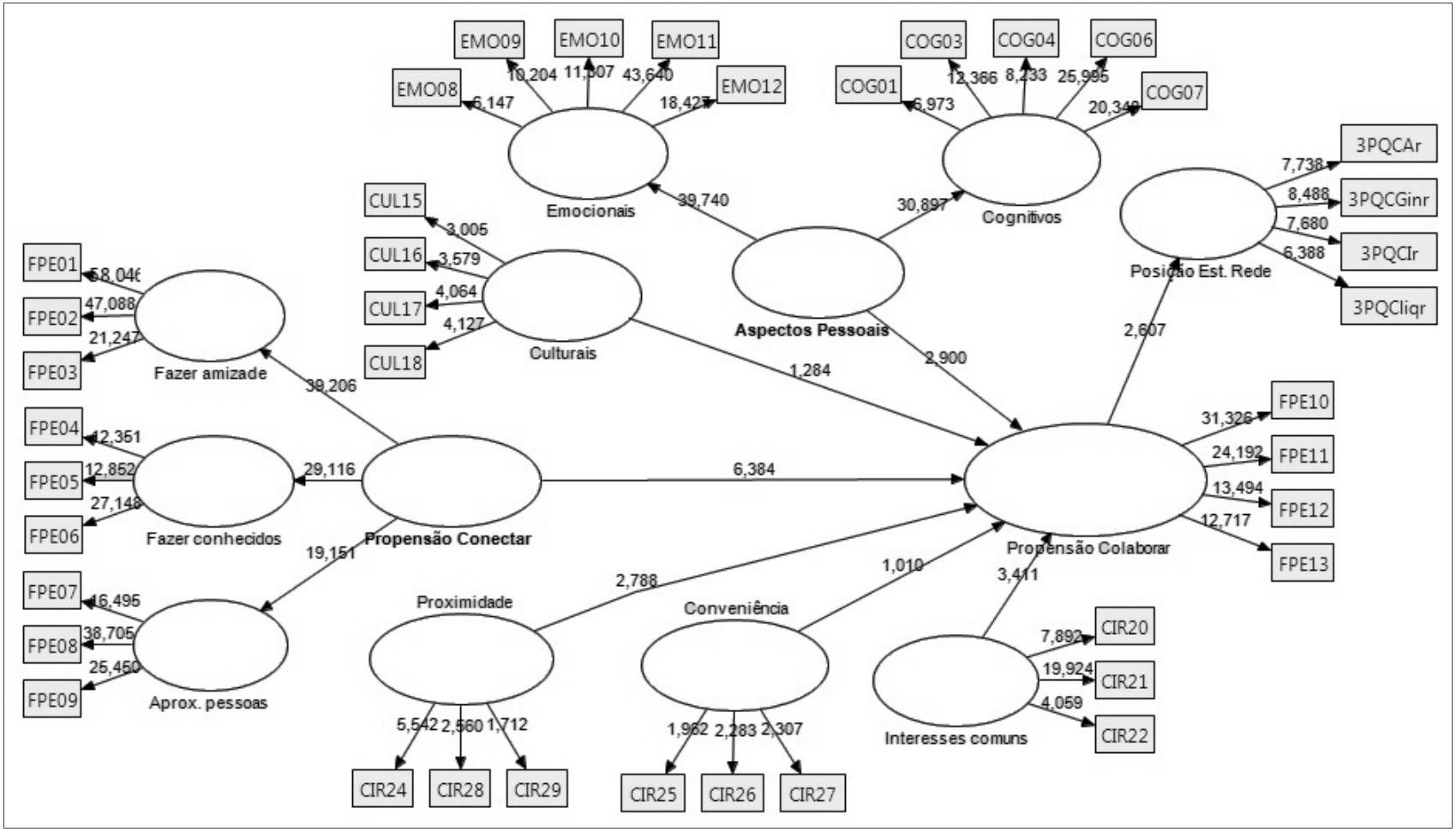


Figura 29. Resultados apurados com a técnica de bootstrapping para o modelo conceitual ajustado com indicadores da rede de afinidade.

7. CONCLUSÃO

7.1. Considerações finais

Ao longo da última década houve um crescente fascínio com o complexo mundo das conexões presentes na sociedade moderna e por trás desse fascínio está a ideia de um padrão de interligações entre um conjunto de coisas (Easley & Kleinber, 2010).

A natureza do padrão de interligações, em muitas situações, apresenta como cerne as relações entre as pessoas e, portanto, torna-se fundamental conhecer como, quando, onde e porque tais relacionamentos se estabelecem e se configuram, principalmente, em uma instituição de pesquisa como o IPEN, onde os seus principais produtos são pautados na utilização do conhecimento manifestado na mente de uma plêiade de pesquisadores ou autores, conforme definido neste trabalho.

É nesse contexto que a colaboração, mas principalmente, a colaboração científica conquista um papel relevante. As pesquisas científicas quando desempenhadas com mais de uma pessoa agregam naturalmente uma ampliação nos conhecimentos de todos os envolvidos. Mas não se deve esquecer que o processo de aquisição de novos conhecimentos se estabelece de forma direcional e, portanto, os autores que detêm os conhecimentos devem estar cientes da importância de transferir e preservá-los para as gerações futuras, para que novos conhecimentos possam ser gerados e transferidos, e que essa corrente possa perdurar e contaminar a todos os participantes dessa cadeia. A virtude de todo esse processo foi muito bem descrita nas palavras do famoso escritor irlandês George Bernard Shaw (tradução do autor):

> "*Se você tem uma maçã e eu tenho uma maçã e nós trocamos essas maçãs, então nós ainda teremos uma maçã cada um. Mas se você tem uma ideia e eu tenho uma ideia e nós trocamos essas ideias, então cada um de nós terá duas ideias.*" *George Bernard Shaw*.

Com o pressuposto de entender como o conhecimento é gerado, transferido e preservado no IPEN, a primeira parte este trabalho conduziu um levantamento de todos os autores e suas publicações no decorrer do período de 2001 a 2010. Utilizou-se coautoria para a coleta dos dados por prover um retrato social e profissional dos relacionamentos dos autores (Racherla & Hu, 2010). A partir desse levantamento foi realizado um mapeamento

do processo de colaboração que ocorre no IPEN para o desenvolvimento de um trabalho de pesquisa que resultou em uma publicação.

Os resultados alcançados na primeira parte do trabalho proporcionaram um entendimento macro desse processo de colaboração científica, que foi tratado neste trabalho como rede de colaboração científica em P&D do IPEN. Como um estudo que foi conduzido para analisar essa rede de colaboração científica pode-se concluir que:

a) Mais de 60% dos autores na rede de colaboração científica em P&D do IPEN tem titulação de doutorado. Isso corrobora o papel relevante desses autores na produção científica do IPEN;

b) Uma parcela expressiva dos autores, atualmente, encontra-se na faixa etária acima dos 50 anos favorecendo uma progressão no processo de aposentadorias que acarretará um impacto significativo nas pesquisas e produtos gerados no IPEN e, consequentemente, comprometerá o compromisso permanente do IPEN com a sociedade brasileira.

c) O IPEN vem desempenhando um papel fundamental na formação de recursos humanos para as áreas nuclear e correlatas, bastando observar o número de autores externos nos dez anos estudados. Entretanto, nestes dez anos, houve uma concentração no número de publicações com um ou dois autores do IPEN, e isso pode ser um agravante em um processo de transferência e preservação do conhecimento na própria instituição;

d) Conforme ilustrado em outros trabalhos e confirmado neste, as redes com base em coautoria concentram o maior número de autores em um único componente, o que remete a uma estrutura de conectividade em que a multidisciplinaridade das áreas e linhas de pesquisas do IPEN, permite ampliar a atmosfera de colaboração entre os próprios pesquisadores do instituto. Em tese, para que esse cenário possa ser alimentado é conveniente adotar políticas internas que promovam a valorização dos pesquisadores não somente em função da quantidade ou qualidade de suas publicações, como, também, daqueles que compartilham seu conhecimento com uma comunidade maior de pesquisadores, seja extramuros com seu papel definido na sociedade e na comunidade científica, mas principalmente, intramuros, para que uma instituição reconhecida internacionalmente, como o IPEN, possa, além do seu papel social, continuar contribuindo para o preenchimento de lacunas de conhecimento para o

desenvolvimento científico e tecnológico em áreas consideradas estratégicas para o país.

e) A correlação moderada positiva entre produtividade e número de coautores somente do IPEN, demonstra que o desenvolvimento de trabalhos científicos em conjunto com outros pesquisadores do IPEN não é um fator que possa causar um impacto negativo na produtividade desses pesquisadores. Tornar essa conjuntura visível a todos os pesquisadores do IPEN envolvidos no processo pode desencadear um aumento da colaboração intra-institucional, e isso pode ajudar a melhorar os indicadores internos de P&D. Contudo, há uma dupla responsabilidade neste processo: da alta administração do IPEN em fornecer os mecanismos para facilitar a colaboração e dos pesquisadores que se espera um discernimento para romper as barreiras que podem dificultar a colaboração.

f) Por fim, a popularidade de um pesquisador na rede de colaboração científica do IPEN está associada à sua posição estrutural na rede. Como os indicadores que melhor representaram essa tendência foram os de centralidade de grau e de intermediação, uma eventual explicação para essa popularidade pode estar atrelada ao fenômeno da transitividade, em que os pesquisadores podem recomendar novos pesquisadores. Entretanto, se esta explicação de fato condiz com a realidade, o fenômeno da transitividade foi observado em menor grau para o indicador de centralidade de autovetor, sinalizando que os pesquisadores que são centrais na rede tem uma menor disposição em recomendar outros pesquisadores que também são centrais na rede.

A primeira parte deste trabalho procurou estudar um fato já integralizado, uma rede de coautoria do período de 2001 a 2010, e dessa forma, fornecer subsídios baseados em uma análise empírica, com o propósito de ajudar a enriquecer o entendimento desse processo de colaboração e servir de balizamento para que ações gerenciais possam ser encaminhadas.

A segunda parte do trabalho focou em entender, mesmo que parcialmente, a propensão de um pesquisador do IPEN em estabelecer vínculos de colaboração com outros pesquisadores também do IPEN. Para isso, foi proposto um modelo conceitual constituído por um conjunto de variáveis observadas arranjadas em vários fatores que representam aspectos latentes relacionados ao contexto pessoal, social, cultural e circunstancial.

Os resultados alcançados com o modelo conceitual ajustado concomitantemente com a média e o desvio padrão (Apêndice B, p. 130) calculados a partir das respostas dos entrevistados, sugerem que os autores que adotam comportamentos e atitudes que conduzem à prática de inclusão e integração social são os que apresentam uma maior propensão a estabelecerem vínculos de colaboração. Na outra ponta, as semelhanças em determinados padrões culturais, teoricamente, não representam fatores que estimulam ou inibem a propensão dos autores em colaborar. Apesar do direcionamento hipotético, esse resultado não foi inesperado, em virtude da pesquisa ser limitada a um grupo de pessoas que demonstrou que a escolha de parceiros para colaboração em projetos de P&D não é influenciada por certos padrões culturais.

No geral, cada construto que representa as dimensões latentes que resumem o conjunto de variáveis observadas definido nesta pesquisa, explicou muito pouco a propensão à colaboração dos autores do IPEN, atingindo valores inferiores a 10%, exceção para o construto que mensura a propensão de um autor em estabelecer vínculos sociais que atingiu um valor um pouco superior a 17%. Entretanto, o somatório do poder de explicação referente a todos os construtos explicou aproximadamente 40% da propensão a colaborar, o que pode ser classificado como um valor bastante expressivo quando estamos avaliando aspectos relacionados a ciências sociais e comportamentais.

Por fim, o modelo conceitual proposto não foi adequado para explicar a proeminência de um autor na rede de colaboração em P&D do IPEN. Todavia, os resultados obtidos com o modelo conceitual servem como uma referência empírica para direcionar estudos futuros que combinam as técnicas de MEE com indicadores de ARS.

Para finalizar cito um trecho de uma carta recente do escritor Oliver Sacks, que preservando o seu amparo espiritual, mas conduzindo o julgamento para uma analogia dentro do contexto organizacional, a meu ver, serve de desafio para que medidas preditivas sejam adotadas no sentido de preencher os buracos, que foram deixados por alguém, com outras pessoas que estejam preparadas para assumir novos desafios:

"Não vai haver ninguém igual a nós quando partirmos, assim como não há ninguém igual a nenhuma outra pessoa. Quando as pessoas morrem, não podem ser substituídas. Elas deixam buracos que não podem ser preenchidos".

Oliver Sacks.

7.2. Sugestões para trabalhos futuros:

Inserir novas variáveis observadas e latentes ao modelo conceitual ajustado e realizar uma nova pesquisa de levantamento com a mesma população de autores e avaliar se a inclusão de novas variáveis amplifica o poder de explicação do modelo em relação à propensão de um autor em estabelecer vínculos de colaboração com outros autores, associando-o com os indicadores de ARS para computar o poder de explicação.

Aplicar o modelo conceitual ajustado, atual ou com a inclusão das novas variáveis, para outras populações de autores residentes em outras instituições de P&D, inclusive da própria CNEN e, da mesma forma, associá-lo com os indicadores de ARS.

Ampliar o escopo da rede de colaboração em P&D do IPEN, incluindo nas análises os autores externos, principalmente, alunos, enriquecendo esses dados com os seus perfis acadêmico, profissional, entre outros que possam ser relevantes.

Analisar por meio de uma pesquisa qualitativa, os autores mais produtivos, ou seja, aqueles que apresentam uma grande quantidade de publicações em intervalos de um ou dois anos, conforme delimitado neste trabalho, para colher informações que possam explicar os motivos que tornam esses autores tão prodígios em termos de produtividade, para que esses exemplos possam ser replicados com o objetivo de melhorar, como um todo, à produtividade da instituição.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO: ESTUDO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A COLABORAÇÃO

***Observação**: seu nome foi selecionado a partir de trabalhos de pesquisa desenvolvidos cadastrados na base de dados de Produção Técnico Científica (PTC) do IPEN.*

Esta pesquisa visa testar um modelo conceitual que foi elaborado com base na literatura. Tal modelo será validado com o uso de equações estruturais e necessita de uma grande base amostral, daí a importância de sua colaboração em responder. A pesquisa está dividida em três partes, cada parte consta de uma única questão ou solicitação e vários itens para serem graduados. Na primeira parte estamos interessados em aspectos comportamentais, na segunda, em aspectos conceituais da colaboração em pesquisas e na terceira visamos obter indicadores que possam validar o modelo.

***Nota:** suas respostas serão tratadas de forma sigilosa, e os dados serão tratados e divulgados somente de forma agregada.*

Desde já agradecemos a sua participação!

1ª PARTE:

Na primeira parte, estamos interessados em como você se vê (classifica) em termos de atributos e/ou características comportamentais.

Questão 1:

Por favor, assinale, considerando a escala intervalar de cinco pontos, o quanto cada sentença abaixo se relaciona com você:

discordo totalmente (1) (2) (3) (4) (5) concordo totalmente

1. (___) Eu tenho muitos amigos;
2. (___) Eu tenho facilidade em fazer amigos;
3. (___) Eu gosto de ter muitos amigos;
4. (___) Eu tenho muitos conhecidos;
5. (___) Eu me relaciono facilmente com pessoas que não conheço;
6. (___) Eu gosto de me relacionar com muitas pessoas;
7. (___) Eu normalmente coloco as pessoas em contato com a pessoa certa quando elas necessitam;
8. (___) Eu tenho facilidade em aproximar as pessoas;
9. (___) Eu gosto de ser capaz de conectar pessoas;
10. (___) Eu tenho muita facilidade para trabalhar em grupo;
11. (___) Eu acredito que o trabalho em grupo produz resultados melhores que o trabalho individual;
12. (___) Eu tenho facilidade em lidar com opiniões contraditórias;
13. (___) Eu acato as decisões do grupo.

2ª PARTE:

Na segunda parte, a pesquisa visa entender conceitualmente o que torna as pessoas mais "atraentes" como colaboradoras em pesquisas.

Para facilitar o preenchimento do questionário, tais atributos e/ou características foram classificados em quatro grupos, descritos a seguir.

Questão 2:

Recordando suas experiências anteriores e sua forma atual de ponderar e decidir, que atributos e/ou características uma pessoa deve ter para que você fique propenso a colaborar com ela?

(Utilize a escala intervalar de cinco pontos, abaixo, para responder aos itens da questão).

totalmente irrelevante (1) (2) (3) (4) (5) extremamente relevante

1. Fatores Cognitivos:

São os atributos e atitudes mais importantes quando se considera uma escolha puramente racional. Por exemplo, ao procurar um colaborador quanto mais ele souber (conhecimento/capacidade técnica) sobre o assunto do trabalho em questão mais interessados ficamos em tê-lo como colaborador.

1. (___) Clareza estratégica;
2. (___) Conhecimento e/ou capacidade técnica;
3. (___) Criatividade e/ou capacidade de inovar;
4. (___) Disciplina e/ou perseverança;
5. (___) Envolvimento e/ou comprometimento;
6. (___) Habilidade de expor ideias com clareza;
7. (___) Liderança.

totalmente irrelevante (1) (2) (3) (4) (5) extremamente relevante

2. Fatores Emocionais:

São os atributos ou características do colaborador que nos fazem sentir bem em trabalhar em equipe ou colaborar com ele. Por exemplo, é mais prazeroso trabalhar com quem você tem amizade.

8. (___) Amabilidade e/ou cordialidade;
9. (___) Amizade;
10. (___) Carisma (capacidade de convencer e induzir);
11. (___) Simpatia;
12. (___) Otimismo;
13. (___) Reconhecimento pelo valor do meu trabalho;
14. (___) Temperamento fácil para interação.

3. Fatores Culturais:

São os atributos relacionados com os valores e pressupostos básicos das pessoas que de alguma forma influenciam suas atitudes e comportamento. Por exemplo, para alguns, colaborar com pessoas que tenham ideais filosóficos semelhantes pode ser mais atrativo do que com outras que possuem convicções discordantes nestas questões.

15. (___) Semelhança de costumes;
16. (___) Semelhança de crenças;
17. (___) Semelhança de ideais políticos e filosóficos;
18. (___) Semelhança de religião;
19. (___) Semelhança de valores pessoais.

totalmente irrelevante (1) (2) (3) (4) (5) extremamente relevante

4. Fatores Circunstanciais:

São aqueles atributos e características existentes em determinado momento, situação ou circunstância e que podem favorecer ou facilitar a colaboração. São fatores de oportunidade. Por exemplo, a oportunidade de desenvolver um trabalho com um pesquisador que é reconhecido mundialmente.

20. (___) A pessoa ter tomado a iniciativa de me convidar;
21. (___) Compartilhar temas e projetos de interesse comum;
22. (___) Histórico de colaborações anteriores de mesma natureza;
23. (___) Histórico de colaborações anteriores de outra natureza;
24. (___) Nível Hierárquico;
25. (___) Notoriedade como pesquisador;
26. (___) Parceiro é ex-aluno e/ou orientado/bolsista;
27. (___) Responsável por um determinado laboratório ou equipamento que você precisa usar;
28. (___) Terem sido colegas de formação acadêmica em nível de graduação ou pós-graduação;
29. (___) Terem vínculo com o mesmo setor ou centro.

3ª PARTE:

Finalmente, queremos saber a sua opinião sobre as pessoas que você julga serem as mais "atraentes" para formar uma parceria.

Questão 3:

Considerando suas respostas, na segunda parte, suponha que todos pensem da mesma forma que você. Neste caso, cite o nome de pelo menos cinco pessoas do IPEN (servidores ativos ou aposentados) que você procuraria para formar uma parceria de trabalho de pesquisa.

***Nota**: para responder esta pergunta esqueça as barreiras de área de conhecimento.*

1._____

2._____

3._____

4._____

5._____

6._____

7._____

Obrigado por sua participação!

***Nota**: tem interesse em receber cópia (pdf) de publicações originadas a partir desta pesquisa? ( ) sim ( ) não*

APÊNDICE B – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DA ESCALA

A TAB. 19 exibe os construtos, o código de identificação de cada indicador (ID), a descrição que representa as assertivas definidas para o questionário e a média e desvio padrão calculado para cada indicador apresentado no modelo conceitual original.

Tabela 19. Média e desvio padrão calculados para cada indicador do modelo conceitual original.

Construtos	*ID*	*Descrição*	*Média*	*DP*
Fazer Amizade	FPE01	Eu tenho muitos amigos;	3,3	1,0
	FPE02	Eu tenho facilidade em fazer amigos;	3,4	0,9
	FPE03	Eu gosto de ter muitos amigos;	3,8	1,0
Fazer Conhecidos	FPE04	Eu tenho muitos conhecidos;	4,4	0,8
	FPE05	Eu me relaciono facilmente com pessoas que não conheço;	3,6	0,9
	FPE06	Eu gosto de me relacionar com muitas pessoas;	3,5	0,9
Aproximar Pessoas	FPE07	Eu normalmente coloco as pessoas em contato com a pessoa certa quando elas necessitam;	4,1	0,9
	FPE08	Eu tenho facilidade em aproximar as pessoas;	3,6	0,9
	FPE09	Eu gosto de ser capaz de conectar pessoas;	3,8	0,9
Culturais	CUL15	Semelhança de costumes;	2,8	1,0
	CUL16	Semelhança de crenças;	2,0	1,0
	CUL17	Semelhança de ideais políticos e filosóficos;	2,2	1,0
	CUL18	Semelhança de religião;	1,7	0,8
	CUL19	Semelhança de valores pessoais.	3,8	1,1
Emocionais	EMO08	Amabilidade e/ou cordialidade;	4,0	0,8
	EMO13	Reconhecimento pelo valor do meu trabalho;	3,3	0,9
	EMO14	Temperamento fácil para interação.	3,2	0,9
	EMO09	Amizade;	3,5	0,8
	EMO10	Carisma (capacidade de convencer e induzir);	4,1	0,8
	EMO11	Simpatia;	4,0	0,8
	EMO12	Otimismo;	4,3	0,7

Cognitivos	COG01	Clareza estratégica;	4,2	0,8
	COG02	Conhecimento e/ou capacidade técnica;	4,4	0,6
	COG03	Criatividade e/ou capacidade de inovar;	4,2	0,7
	COG04	Disciplina e/ou perseverança;	4,3	0,7
	COG05	Envolvimento e/ou comprometimento;	4,7	0,6
	COG06	Habilidade de expor ideias com clareza;	4,1	0,8
	COG07	Liderança.	3,5	0,9
Circunstanciais que motivam a colaboração	CIR20	A pessoa ter tomado a iniciativa de me convidar;	3,7	1,0
	CIR21	Compartilhar temas e projetos de interesse comum;	4,3	0,7
	CIR22	Histórico de colaborações anteriores de mesma natureza;	3,7	1,0
	CIR23	Histórico de colaborações anteriores de outra natureza;	3,3	1,0
	CIR24	Nível Hierárquico;	2,3	1,0
	CIR25	Notoriedade como pesquisador;	3,4	1,0
	CIR26	Parceiro é ex-aluno e/ou orientado/bolsista;	3,2	1,0
	CIR27	Responsável por um determinado laboratório ou equipamento que você precisa usar;	3,4	1,0
	CIR28	Terem sido colegas de formação acadêmica em nível de graduação ou pós-graduação;	2,8	1,1
	CIR29	Terem vínculo com o mesmo setor ou centro.	2,9	1,1
Propensão Colaborar	FPE10	Eu tenho muita facilidade para trabalhar em grupo;	3,7	0,9
	FPE11	Eu acredito que o trabalho em grupo produz resultados melhores que o trabalho individual;	4,3	0,8
	FPE12	Eu tenho facilidade em lidar com opiniões contraditórias;	3,6	0,8
	FPE13	Eu acato as decisões do grupo.	4,2	0,7

APÊNDICE C – INTRODUÇÃO À LINGUAGEM XML

Extensible Markup Language (XML) é uma linguagem de marcação de padrão aberto desenvolvido e recomendado por um grupo de colaboradores do *World Wide Web Consortium* (W3C).

De acordo com o W3C é um formato baseado em texto para representação de informação estruturada, desempenhando um papel importante para o compartilhamento dessas informações. Graças a sua flexibilidade em formatar documentos em diversas plataformas computacionais, vem tornando-se o padrão preferível para a troca de informações eletrônicas (Harold e Means, 2004, p. xiii).

XML divide o documento em blocos separados, denominados de elementos, permitindo que possam ser processados por computadores (Ray, 2003, p. 2).

O exemplo abaixo corresponde às especificações de código XML utilizadas neste trabalho.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
<db>
<rec>
<001>005</001>
<002>9101615083523</002>
<004>IPEN</004>
<005>4</005>
<006>am</006>
<008>^ihttp://pintassilgo2.ipen.br/biblioteca/2009/inac/15226.pdf</008>
<009>N</009>
<010>Barroso, A.C.O.</010>
<010>Reis Junior, J.S.B.</010>
<010>Monteiro, C.A.</010>
<010>Seary, A.</010>
<018>Preservation of knowledge through networking with retirees</018>
<022>10</022>
<026>10</026>
<029>S</029>
<040>3</040>
<042>15226</042>
<043>09-10</043>
<046>Proceedings</046>
<048>INAC; ENAN; ENFIR; ENIN</048>
<053>International Nuclear Atlantic Conference; Meeting on Nuclear Applications, 9th; Meeting on Reactor Physics and Thermal Hydraulics, 16th; Meeting on Nuclear Industry, 1st</053>
<054>September 27 - October 2, 2009</054>
```

<055>20090000</055>
<056>Rio de Janeiro, RJ</056>
<062>Sao Paulo: ABEN, 2009</062>
<071>40</071>
<087>algorithms</087>
<087>brazilian cnen</087>
<087>data base management</087>
<087>information</087>
<087>knowledge preservation</087>
<087>nuclear energy</087>
<087>personnel</087>
<088>I</088>
<090>b</090>
<998>363112</998>
<999>^d20091016^h1508^bclaudinei</999>
<999>^d20100723^h1339^bThais</999>
</rec>
<rec>
<001>005</001>
<002>I706061120527</002>
<003>T621.039.58:</003>
<004>IPEN</004>
<005>21</005>
<006>m</006>
<007>^aT23468^m56635</007>
<008>^ihttp://pintassilgo2.ipen.br/biblioteca/teses/23468.pdf</008>
<009>N</009>
<015>Orientador: Antonio Carlos de Oliveira Barroso</015>
<016>Ribeiro Junior, J. A</016>
<018>Um estudo simplificado da percepção pública dos benefícios e riscos de centrais termonucleares - sugestões para a comunicação de valor com o público</018>
<022>10</022>
<026>10</026>
<029>S</029>
<040>3</040>
<042>11639</042>
<043>07-05</043>
<044>DPD</044>
<050>Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP</050>
<051>^aIPEN^bD</051>
<061>Dissertação (Mestrado)</061>
<064>2007</064>
<065>20070903</065>
<066>São Paulo</066>
<071>13</071>
<087>THERMAL POWER PLANTS</087>
<087>RISK ASSESSMENT</087>
<087>RISK COMMUNICATION</087>
<087>MARKETING</087>
<087>PUBLIC OPINION</087>
<087>INFORMATION DISSEMINATION</087>
<088>N</088>
<090>b</090>
<103>R484e</103>

```
<998>144609</998>
<999>^d20070606^h1120^bclaudinei</999>
<999>^d20090330^h1039^bclaudinei</999>
</rec>
</db>
```

APÊNDICE D – SIMULAÇÕES PARA AJUSTE DO MODELO

Simulação 1:

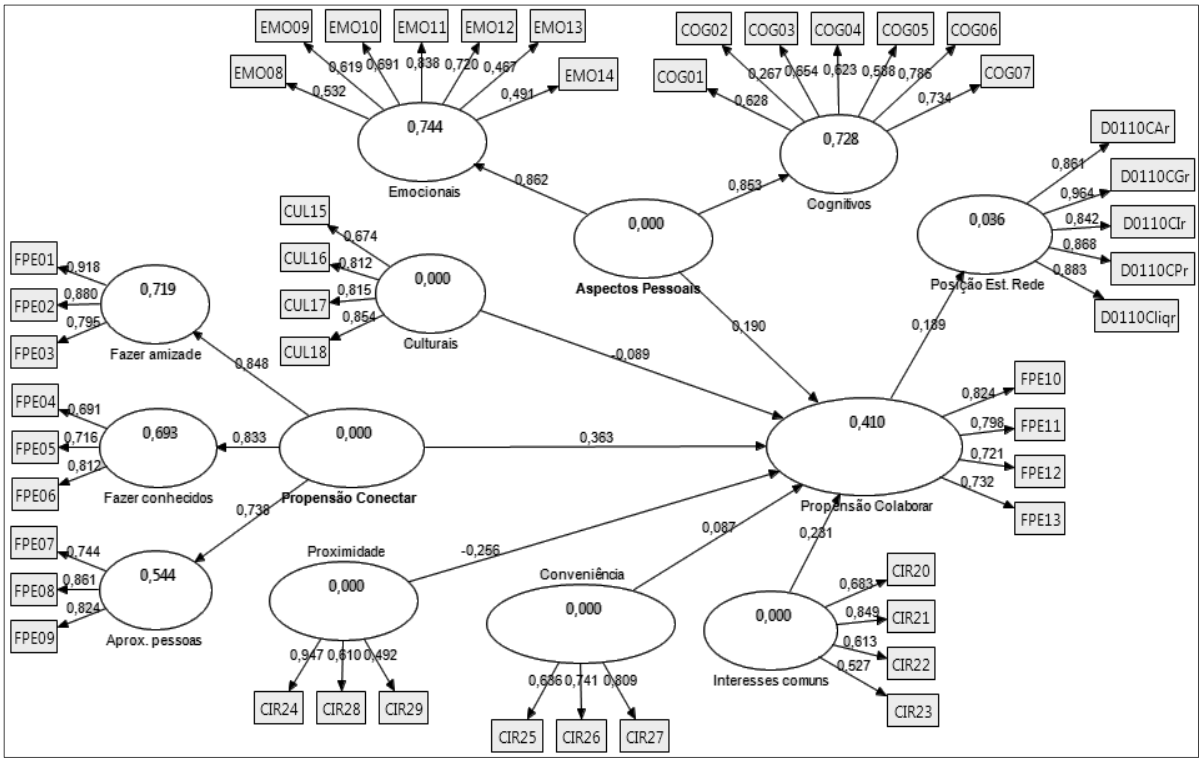


Figura 30. Resultados apurados para o modelo conceitual proposto na simulação 1.

Tabela 20. Resultados apurados para avaliação do modelo conceitual proposto na simulação 1.

Construtos	*AVE*	*Conf. Composta*	*Alfa de Cronbach*
Aproximar pessoas	0,66	0,85	0,74
Aspectos Pessoais	0,74	0,85	0,80
Cognitivos	0,40	0,81	0,74
Conveniência	0,54	0,77	0,58
Culturais	0,63	0,87	0,80
Emocionais	0,40	0,82	0,74
Fazer amizade	0,75	0,90	0,83
Fazer conhecidos	0,55	0,78	0,60
Interesses comuns	0,46	0,77	0,70
Posição Est. Rede	0,78	0,95	0,93
Propensão Colaborar	0,59	0,85	0,77
Propensão Conectar	0,65	0,85	0,82
Proximidade	0,50	0,74	0,64

Simulação 3:

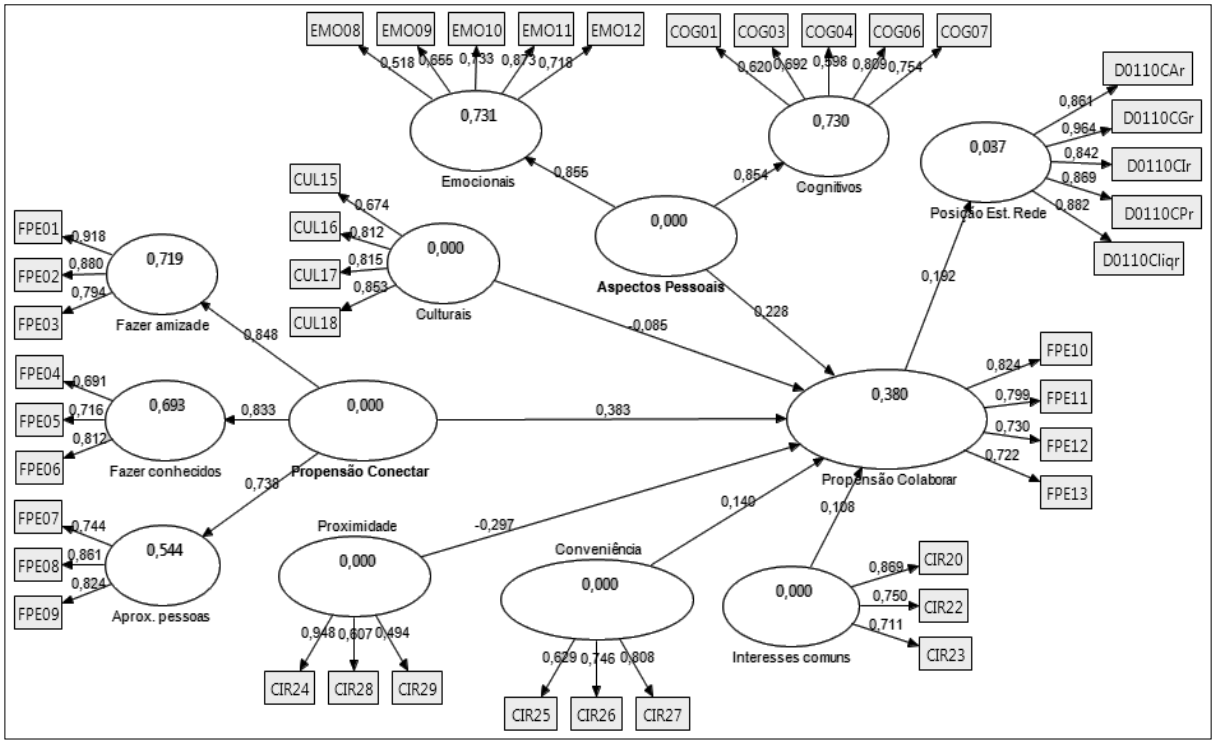


Figura 31. Resultados apurados para o modelo conceitual proposto na simulação 3.

Tabela 21. Resultados apurados para avaliação do modelo conceitual proposto na simulação 3.

Construtos	*AVE*	*Conf. Composta*	*Alfa de Cronbach*
Aproximar pessoas	0,66	0,85	0,74
Aspectos Pessoais	0,73	0,84	0,80
Cognitivos	0,49	0,83	0,74
Conveniência	0,54	0,77	0,58
Culturais	0,63	0,87	0,80
Emocionais	0,50	0,83	0,74
Fazer amizade	0,75	0,90	0,83
Fazer conhecidos	0,55	0,78	0,60
Interesses comuns	0,61	0,82	0,73
Posição Est. Rede	0,78	0,95	0,93
Propensão Colaborar	0,59	0,85	0,77
Propensão Conectar	0,65	0,85	0,82
Proximidade	0,50	0,74	0,64

Simulação 4:

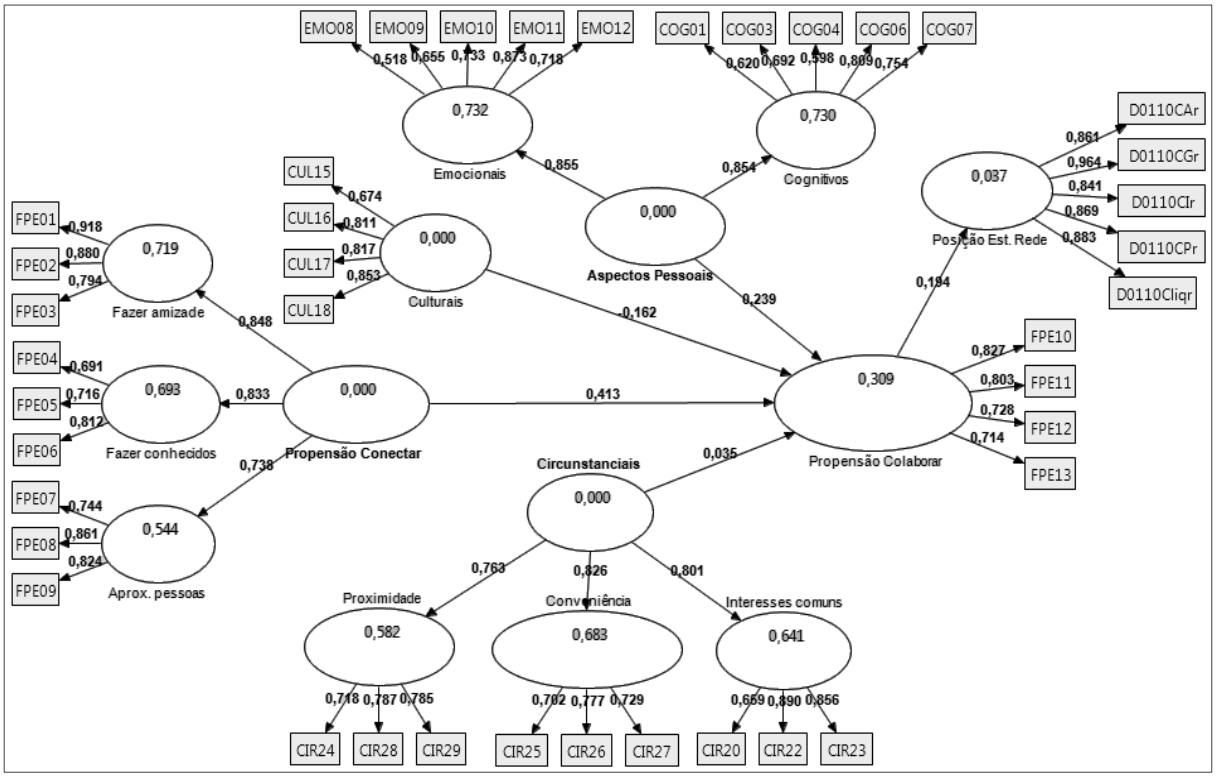


Figura 32. Resultados apurados para o modelo conceitual proposto na simulação 4.

Tabela 22. Resultados apurados para avaliação do modelo conceitual proposto na simulação 4.

Construtos	*AVE*	*Conf. Composta*	*Alfa de Cronbach*
Aproximar pessoas	0,66	0,85	0,74
Aspectos Pessoais	0,73	0,84	0,80
Circunstanciais	0,64	0,84	0,79
Cognitivos	0,49	0,83	0,74
Conveniência	0,54	0,78	0,58
Culturais	0,63	0,87	0,80
Emocionais	0,50	0,83	0,74
Fazer amizade	0,75	0,90	0,83
Fazer conhecidos	0,55	0,78	0,60
Interesses comuns	0,65	0,85	0,73
Posição Est. Rede	0,78	0,95	0,93
Propensão Colaborar	0,59	0,85	0,77
Propensão Conectar	0,65	0,85	0,82
Proximidade	0,58	0,81	0,64

Simulação 5:

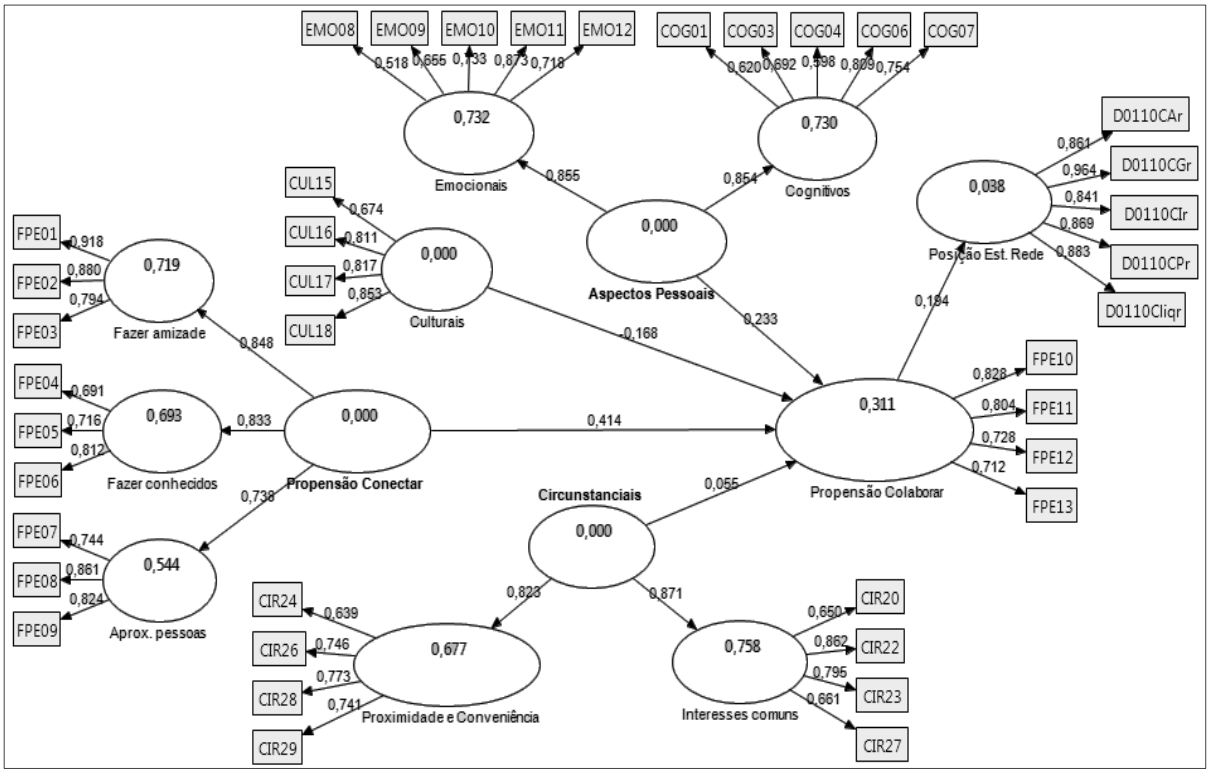


Figura 33. Resultados apurados para o modelo conceitual proposto na simulação 5.

Tabela 23. Resultados apurados para avaliação do modelo conceitual proposto na simulação 5.

Construtos	*AVE*	*Conf. Composta*	*Alfa de Cronbach*
Aproximar pessoas	0,66	0,85	0,74
Aspectos Pessoais	0,73	0,84	0,80
Circunstanciais	0,72	0,84	0,78
Cognitivos	0,49	0,83	0,74
Culturais	0,63	0,87	0,80
Emocionais	0,50	0,83	0,74
Fazer amizade	0,75	0,90	0,83
Fazer conhecidos	0,55	0,78	0,60
Interesses comuns	0,56	0,83	0,73
Posição Est. Rede	0,78	0,95	0,93
Propensão Colaborar	0,59	0,85	0,77
Propensão Conectar	0,65	0,85	0,82
Proximidade e Conveniência	0,53	0,82	0,70

APÊNDICE E – CÁLCULO DO TAMANHO DO EFEITO E RESULTADOS APURADOS PARA *BLINDFOLDING*

Cálculo do tamanho do efeito (f^2):

Os procedimentos para o cálculo do tamanho do efeito (f^2) foram realizados seguindo a abordagem proposta por Hair Jr. *et al.* (2014, p. 196): o modelo completo, ou seja, com todos os construtos, tem um poder de explicação (R^2) para o construto "*Propensão Colaborar*" de 0,414. Removendo do modelo o construto "*Aspectos Pessoais*" e reestimando os coeficientes do modelo, o valor do R^2 cai para 0,388 e aplicando a expressão 19 o valor do f^2 é de 0,044, onde R^2_{inc} = 0,414 e R^2_{exc} = 0,388. Este procedimento foi efetuado para cada um dos seis construtos preditores, sempre com R^2_{inc} = 0,414 e o R^2_{exc} variando conforme os valores do R^2 quando um construto preditor específico é removido do modelo (TAB. 24). O f^2 avalia o quanto um construto preditor específico contribui para o ajuste dos valores do R^2 do construto endógeno "*Propensão Colaborar*" no modelo.

$$f^2 = \frac{R^2_{inc} - R^2_{exc}}{1 - R^2_{inc}} \tag{19}$$

Tabela 24. Procedimentos para cálculo do tamanho do efeito (f^2).

Construtos		Propensão Colaborar	
		R^2	f^2
	-	0,414	#
Aspectos Pessoais	Se excluído	0,388	0,044
Culturais	Se excluído	0,408	0,010
Proximidade	Se excluído	0,374	0,068
Interesses comuns	Se excluído	0,372	0,072
Propensão Conectar	Se excluído	0,303	0,189
Conveniência	Se excluído	0,410	0,007

***Blindfolding**:*

O procedimento de *blindfolding* foi estipulado para os construtos "*Propensão Colaborar*" e "*Posição Est. Rede*" com um valor de 7 para a distância de omissão. Os resultados referente a *blindfolding* são paresentados na FIG. 34.

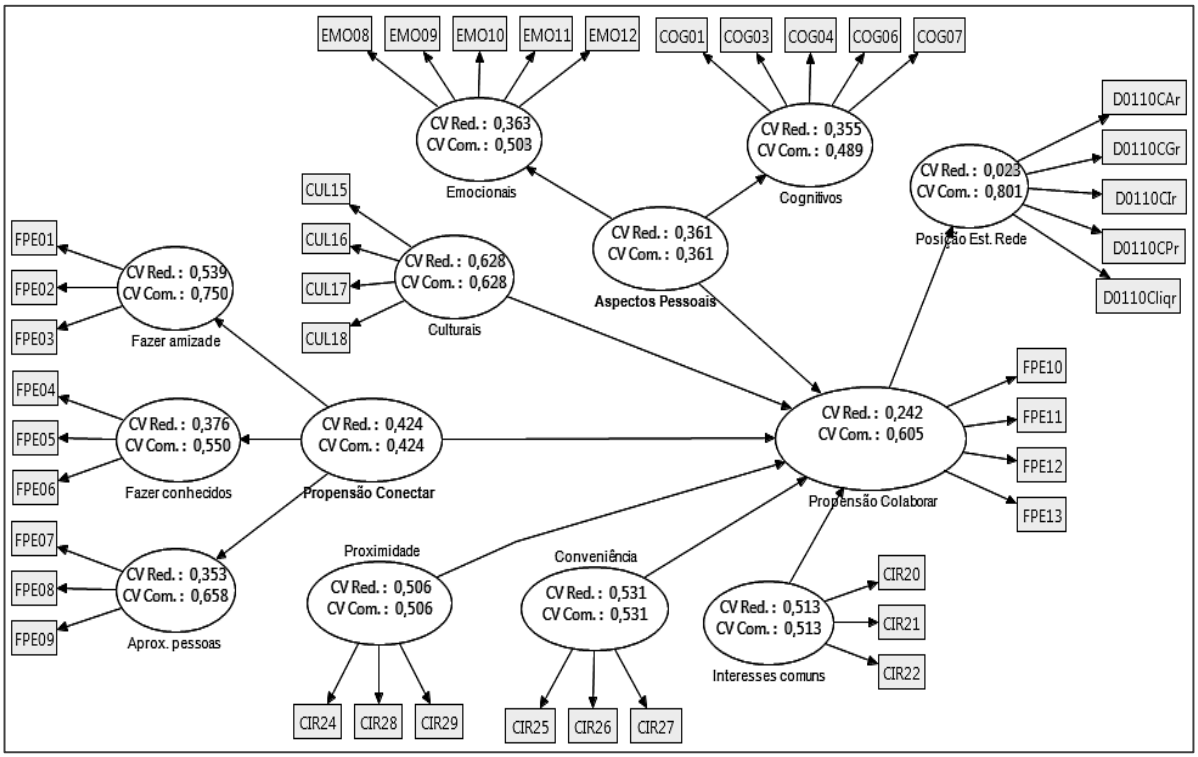


Figura 34. Resultados apurados referente a blindfolding para o modelo ajustado.

APÊNDICE F – QUESTÕES ABERTAS E RESPOSTAS ESPONTÂNEAS DOS ENTREVISTADOS

Questões ou perguntas abertas que foram apresentadas e respondidas espontaneamente pelos entrevistados na fase de pré-teste. As respostas espontâneas a essas questões são apresentadas na TAB. 25.

QUESTÃO 1: Que fatores ou aspectos você leva em consideração ou o influencia no momento de escolher um colaborador para desenvolver uma atividade profissional qualquer?

QUESTÃO 2: Que fatores ou aspectos você leva em consideração ou o influencia no momento de escolher um colaborador para desenvolver um trabalho de pesquisa visando, por exemplo, uma publicação?

QUESTÃO 3: Em um levantamento efetuado na base de Produção Técnico Científica do IPEN-CNEN/SP, verificou-se que durante os anos de 2001 a 2008 você publicou vários trabalhos em coautoria com o Dr. FULANO. Isto indica que vocês têm uma colaboração ou parceria científica consistente e duradoura. Que características ou atributos do Dr. FULANO, mais contribuíram para a formação desta parceria?

Tabela 25. Respostas espontâneas dos entrevistados para as perguntas abertas.

Entrevistado	**QUESTÃO 1**	**QUESTÃO 2**	**QUESTÃO 3**
A098	Habilidades do colaborador adequadas ao perfil do problema que se tem; contrapartidas, ou seja, o quanto o colaborador deseja auferir de ganho, pois, envolvem projetos, bolsas etc.	Difícil de responder, pois não desenvolve trabalho de pesquisa visando uma publicação, esta é mera decorrência. A equipe é escolhida em função dos objetivos do projeto.	Uma parceria envolve vantagens para ambos (mão dupla). Interessa ao colaborador manter-se ativo e ao grupo os conhecimentos que eles trazem – complementar em ambos os sentidos.
A175	Conhecimento em uma determinada área específica;	Conhecimento complementar; fatores emocionais que podem influenciar para formar uma parceria.	Notoriedade como pesquisador; dedicação e sensibilidade para trabalhar com pesquisadores.
A160	Pessoas capacitadas que tem um perfil específico para uma determinada área de conhecimento; Alunos de pós-graduação com perfil específico para ajudar nos procedimentos que envolvem uma área de conhecimento específica.	Na área de P&D, muitos trabalhos de pesquisa desenvolvidos com alunos que tem uma formação específica adequada para uma área específica.	Pessoas com conhecimento e habilidade específica, em uma área, para ajudar no desenvolvimento do projeto; muito desenvolvimento com bolsistas (ex. aposentado transferindo conhecimento específico para bolsistas).
A087	Relação com o trabalho (ex. tenha feita uma análise); Interação com o grupo;	Pessoas que colaboram com o grupo dentro de um mesmo tipo de atividade.	Vasto conhecimento sobre a área; colabora muito com novas ideias; fácil interação.
A274	Vontade e iniciativa para o trabalho; conhecimento complementar; resumindo: iniciativa, determinação e conhecimento.	Conhecimento específico que irá complementar o trabalho; aspectos profissionais e de relacionamentos.	Conhecimento que a pessoa tem sobre determinado assunto, que complemente.
A302	Experiência ou capacitação em um determinado assunto; capacitação técnica e complementar;	Primeiro critério é competência técnica; segundo, facilidade de trabalhar com a pessoa;	Competência técnica; pessoas fáceis de trabalhar que tenham afinidade e experiência.
A108	Primeiro critério é competência técnica; segundo, facilidade de trabalhar com a pessoa;	Primeiro critério é competência técnica; segundo, facilidade de trabalhar com a pessoa.	Capacitação e conhecimento sobre um determinado assunto.
A111	Afinidade e vontade para trabalhar e, de preferência, em equipe.	Afinidade com o trabalho em questão; pode acrescentar algo a mais ao trabalho; conhecimento e habilidade que complementa.	Afinidade; grande conhecimento; transmite o conhecimento com clareza; uma pessoa notável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAVI, Maryam; LEIDNER, Dorothy E. Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. **MIS Quarterly**, v. 25, n. 1, p. 107-136. Mar. 2001.

AYEH, Julian K.; AU, Norman, LAW, Rob. Predicting the intention to use consumer-generated media for travel planning. **Tourism Management**, v. 35, p. 132-143. Apr. 2013.

BAGOZZI, Richard P.; YI, Youjae. On the evaluation of Structural Equation Modeling. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 16, n.1, p. 074-094. 1988.

BARABÁSI, A.L.; JEONG, H.; NÉDA, Z.; RAVASZ, E.; SCHUBERT, A.; VICSEK, T. Evolution of the social network of scientific collaborations. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 311, n. 3-4, p. 590-614. Aug. 2002.

BARBOSA, Diego A. B. L.; AVELINO, Leonardo D.; SOUZA, Rarylson F.; OLIVEIRA, Camila C. G. F.; JUSTEL, Claudia. Medidas de centralidade e detecção de comunidades em rede de co-autoria. In: XLIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 15-18 de agosto, 2011, Ubatuba, SP. ***Anais...***

BARROSO, A.C.O. REIS-JR, J.S.B.; IMAKUMA, K.; MENEZES, M.O.; SEARY, A. Research network involving retired experts as a means to keep alive relevant knowledge – the case of IPEN in Brazil. In: XXIX SUNBELT INTERNATIONAL SOCIAL NETWORK CONFERENCE, March 2009, San Diego, CA, USA. ***Proceedings...***

BARROSO, A.C.O.; REIS-JR, J.S.B.; MONTEIRO, C.A.; SEARY, A. Preservation of knowledge through networking with retiree. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 2, n. 4, p. 6475-6482. 2010.

BATISTA, Fábio F. O governo que aprende: gestão do conhecimento em organizações do executivo federal. Texto para discussão, n. 1022. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. Brasília. Jun. 2004. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/pub/td/2004/td_1022.pdf. Acessado em: 25/11/2010.

BEAVER, Donald D. Reflections on scientific collaboration (and its study): past, present, and future. **Scientometrics**, v.52, n. 3, p. 365-377. Nov. 2001.

BHATT, Ganesh D. Knowledge management in organizations: examining the interaction between technologies, techniques, and people. **Journal of Knowledge Management**, v. 5, n.1, p. 68–75. 2001.

BIDO, Diógenes S.; GODOY, Arilda S.; QUIROGA, Gaston M. M.; AMARAL, Daniel; YOSHIDA, Eliana C.; RIQUETTI, Alessandro. Relação entre a Aprendizagem Organizacional e o Desempenho Organizacional: uma abordagem baseada no conceito de estoques e fluxos de aprendizagem. In: XXXIV EnANPAD, 25-29 setembro, 2010, Rio de Janeiro, RJ. ***Anais...***

BIDO, Diógenes S.; SOUZA, Cesar A.; SILVA, Dirceu; GODOY, Arilda S.; TORRES, Rosane R. Qualidade do relato dos procedimentos metodológicos em periódicos nacionais na área de administração de empresas: o caso da modelagem em equações estruturais nos periódicos nacionais entre 2001 e 2010. ***Organizações & Sociedade (O&S)***, v. 19, n. 60, p. 125-144. Jan-mar. 2012.

BIENENSTOCK, Elisa J.; BONACICH, Phillip; OLIVER; Melvin. The effect of network density and homogeneity on attitude polarization. **Social Networks**, v. 12, n. 2, p. 153-172. June 1990.

BIRNHOLTZ, Jeremy P. When Do Researchers Collaborate? Toward a Model of Collaboration Propensity. **Journal of the American Society for Information Science and Techonology**, v. 58, n. 14, p. 2226–2239. Dec. 2007.

BONACICH, Phillip; LLOYD, Paulette. Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations. **Social Networks**, v. 23, n. 3, p. 191-201. July 2001.

BORGATTI, Stephen P.; FOSTER, Pacey C. The Network Paradigm in Organizational Research: A Review and Typology. **Journal of Management**, v. 29, n. 6, p. 991-1013. Dec. 2003.

BORGES, Marcos A. F.; BARANAUSKAS, M. Cecília C. Fatores de Influência em Atividades Colaborativas. In: VII CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 2004, Monterrey, México. v. 1. 10 p.

BOSSCHE, Piet Van den; GIJSELAERS, Wim H.; SEGERS, Mien; KIRSCHNER, Paul A. Social and Cognitive Factors Driving Teamwork in Collaborative Learning Environments. **Small Group Research**, v. 37, n. 5, p. 490-521. Oct. 2006.

BOURDIEU, Pierre. **The Forms of Capital**. Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education. Ed. J. Richardson. Westport, CT: Greenwood, p. 241-258. 1986. Disponível em: http://home.iitk.ac.in/~amman/soc748/bourdieu_forms_of_capital.pdf. Acessado em: 30/04/2010.

BRANDÃO, Wladmir C.; PARREIRAS, Fernando S.; SILVA, Antonio B. O. Redes em ciência da informação: evidências comportamentais dos pesquisadores e tendências evolutivas das redes de coautoria. **Informação & Informação**, v. 12, n.1esp. 2007.

BUKVOVA, Helena. Studying Research Collaboration: A Literature Review. **Sprouts: Working Papers on Information Systems**, v. 10, n. 3. 19 p. 2010.
Disponível em: http://sprouts.aisnet.org/10-3. Acesso em: 07/04/2011.

BURT, Ronald S. Structural Holes: the social structure of competition. Cambridge: **Harvard University Press**. 1995. Paperback edition.
Disponível em: http://books.google.com. Acessado em: 21/02/2011.

BURT, Ronald S. The Network Structure of Social Capital. **Research in Organizational Behaviour**, v. 22, p. 345-423. 2000.

BURT, Ronald S., JANNOTTA, Joseph E., MAHONEY, James T. Personality correlates of structural holes**. Social Networks**, v. 20, n. 1, p. 63-87. Jan. 1998.

BYRNE, Barbara M. ***Structural Equation Modeling With AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming***. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 2001.
Disponível em: http://books.google.com.br. Acessado em: 24/01/2015.

CARLEY, Kathleen M., REMINGA, Jeff. ***ORA: Organization Risk Analyzer***. CASOS Technical Report, Carnegie Mellon University, January 2004. (CMU-ISRI-04-106).

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A.; SILVA, Roberto. ***Metodologia Científica***. 6 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHAN, Kelvin; LIEBOWITZ, Jay. The synergy of social network analysis and knowledge mapping: a case study. **Int. J. Management and Decision Making**, v. 7, n. 1, p.19-35. 2006.

CHIN, Wynne W.; MARCOLIN, Barbara L.; NEWSTED, Peter R. A partial least squares latent variable modeling approach for measuring interaction effects: results from a Monte Carlo Simulation Study and an Eletronic-Mail Emotion / Adoption Study. **Information Systems Research**, v. 14, n. 2, p. 189-217. June 2003.

CHIN, Wynne W.; NEWSTED, Peter R. Structural equation modeling analysis with small samples using partial least squares. In*:* Rick H. Hoyle (Ed.), **Statistical strategies for small sample research**. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. 1999.

CHUNG, Kenneth K. S.; HOSSAIN, Liaquat; DAVIS, Joseph. Exploring Sociocentric and Egocentric Approaches forSocial Network Analysis. In: 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE MANAGEMENT IN ASIA PACIFIC, Victoria University, Wellington: New Zealand. 2005. ***Proceedings…*** 8 p.

COHEN, Jacob. A Power Primer. **Psychological Bulletin**, v. 112, n. 1, p. 155-159. 1992.

COLEMAN, James S. ***Foundations of Social Theory***. Cambridge: Harvard University Press (paperback edition). 1994.
Disponível em: http://books.google.com. Acessado em: 21/02/2011.

COLEMAN, S. Social Capital in the Creation of Human Capital. **The American Journal of Sociology**, v. 94, p. 95-120. 1988. Supplement.

COSTA, Luciano V. ***A relação entre a percepção de sucesso na carreira e o comprometimento organizacional: um estudo entre professores de universidades privadas selecionadas da grande São Paulo***. 2010. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade de São Paulo – FEA/USP, São Paulo. 271 p. Orientador: Joel Souza Dutra.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, v. 16, n.3, p. 297-334. 1951.

CROSS, Rob; BORGATTI, Stephen P.; PARKER, Andrew. Making invisible work visible: Using social network analysis to support strategic collaboration. **California Management Review**, v. 44, n. 2, p. 25-46. 2002.

CROSS, Rob; PARKER, Andrew; BORGATTI, Stephen P. A bird's eye view: using social network analysis to improve knowledge creation and sharing. **Knowledge Directions, IBM Institute for Business Value**, v. 2, n. 1, p. 48-61. 2000.

CROSS, Rob; PRUSAK, Laurence. The People Who Make Organizations Go-or Stop. **Harvard Business Review**, v. 80, n. 6, p. 104-112. June 2002.

DAVENPORT, Thomas H.; PRUSAK, Laurence. ***Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual***. Trad. de Lenke Peres. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

DeCHURCH, Leslie A.; MESMER-MAGNUS, Jessica R. The Cognitive Underpinnings of Effective Teamwork: A Meta-Analysis. **Journal of Applied Psychology**, v. 95, n. 1, p. 32-53. Jan. 2010.

DERR, Kenneth T. Managing Knowledge The Chevron Way. Jan. 1999. 6 p. Disponível em: *http://www.chevron.com/news/archive/chevron_speech/1999/99-01-11.asp*. Acessado em: 14/08/2006.

DOURADO, Maria Lucia G. ***O tácito como conhecimento e seu modo de uso no labirinto organizacional contemporâneo: estudo de caso da Microcity***. 2007. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 187 p. Orientador: Jorge Tadeu de Ramos Neves.

DRUCKER, Peter F. The new society of organizations. **Harvard Business Review**, v. 70, n. 5, p. 95-104. Sep./Oct. 1992.

DRUCKER, Peter F. They're Not Employees, They're People. **Harvard Business Review**, v. 80, n. 2, p. 70-77. Feb. 2002.

EASLEY, David; KLEINBERG, Jon. Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World. Draft version. Cambridge University Press. June 10, 2010. Disponível em: http://www.cs.cornell.edu/home/kleinber/networks-book/networks-book.pdf. Acessado em: 21/05/2013.

EDWARDS, Jeffrey R. Multidimensional Constructs in Organizational Behavior Research: An Integrative Analytical Framework. **Organizational Research Methods**, v. 4, n. 2, p. 144-192. Apr. 2001.

ERDOS, P.; RÉNYI, A. On random graphs. **Publ. Math. Debrecen**, v. 6, p. 290-297, 1959.

FAUL, Franz; ERDFELDER, Edgar; LANG, Albert-Georg; BUCHNER, Axel. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p. 175-191. May 2007.

FERREIRA, Aurélio B. H. ***Novo dicionário da língua portuguesa***. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1986.

FIELD, Andy. ***Discovering statistics using SPSS***. 3. ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. 2009.

FORNELL, Claes; LARCKER, David F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measure error. **Journal of Marketing Research**, v. 18, n.1, p. 39-50. Feb. 1981.

FORZA, Cipriano. Survey research in operations management: A process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152-194. 2002.

FREDERICKS, Kimberly A.; DURLAND, Maryann M. The historical evolution and basic concepts of social network analysis. **Social Network Analysis in Program Evaluation** (*Special Issue*), v. 2005, n. 107, p. 15-23. 2005.

FREEMAN, Linton C. Centrality in Social Networks Conceptual Clarification**. Social Networks**, v. 1, n. 3, p. 215-239. 1978.

GEFEN, David; STRAUB, Detmar. A Practical Guide to Factorial Validity Using PLS-Graph: Tutorial and Annotated Example. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 16, p. 91-109. 2005.

GEISSER, Seymour. A Predictive Approach to the Random Effect Model. **Biometrika**. V. 61, n. 1, p. 101-107. Apr. 1974.

GIL, Antonio Carlos. ***Métodos e técnicas de pesquisa social***. 6. ed., São Paulo: Atlas, 2008.

GOTTSCHALK, Petter. ***Strategic knowledge management technology***. Hershey, PA: Idea Group Publishing, 2005. Disponível em: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.117.8298&rep=rep1&type=pdf. Acessado em: 29/02/2008.

GRESSLER, Lori Alice. ***Introdução à pesquisa: projetos e relatórios***. 2 ed. São Paulo: Edições Loyola, 2004.

HAENLEIN, Michael; KAPLAN, Andreas M. A Beginner's Guide to Partial Least Squares Analysis. **Understanding Statistics**, v. 3, n. 4, p. 283-297. 2004.

HAIR JR., Joseph F.; BABIN, Barry; MONEY, Arthur H.; SAMOUEL, Phillip. ***Fundamentos de métodos de pesquisa em administração***. Trad. Lene Belon Ribeiro, Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAIR JR., Joseph F.; BLACK, William C.; BABIN, Barry J.; ANDERSON, Rolph E. ***Multivariate Data Analysis***. 7. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc. 2010.

HAIR JR., Joseph F.; BLACK, William C.; BABIN, Barry J.; ANDERSON, Rolph E.; TATHAM, Ronald L. ***Análise multivariada de dados***. 6. ed. Trad. Adonai Schlup Sant'Anna. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAIR JR., Joseph F.; HULT, G. Tomas M.; RINGLE, Christian M.; SARSTEDT, Marko. ***A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)***. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. 2014.

HAIR, Joe F.; RINGLE, Christian M.; SARSTEDT, Marko. PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. **Journal of Marketing Theory and Practice**, v. 19, n. 2, p. 139–151. 2011.

HAIR, Joe F.; SARSTEDT, Marko; RINGLE, Christian M.; MENA, Jeannette A. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 40, n. 3, p. 414-433. May 2012.

HANNEMAN, Robert A.; RIDDLE, Mark. ***Introduction to Social Network Methods***. *(textbook)*. 2005.
Disponível em: http://faculty.ucr.edu/~hanneman/. Acessado em: 20/10/2010.

HARA, Noriko; SOLOMON, Paul; KIM, Seung-Lye; SONNENWALD, Diane H. An Emerging View of Scientific Collaboration: Scientists' Perspectives on Collaboration and Factors that Impact Collaboration. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 54, n. 10, p. 952-965. May 2003.

HAROLD, Elliotte Rusty; MEANS, W. Scott. ***XML in a Nutshell***. 3 ed. Sebastopol, CA. 2004.
Disponível em: http://books.google.com.br/books. Acessado em: 28/01/2015.

HAWE, Penelope; WEBSTER, Cynthia; SHIELL, Alan. A glossary of terms for navigating the field of social network analysis. **Journal of Epidemiol Community Health**, v. 58, n. 12, p. 971-975. Jan. 2004.

HELMS, R.; IGNACIO, R.; BRINKKEMPER, S.; ZONNEVELD,A. Limitations of Network Analysis for Studying Efficiency and Effectiveness of Knowledge Sharing. **Electronic Journal of Knowledge Management**, v. 8, n. 1, p. 53-68. Jan. 2010.

HENSELER, Jorg; RINGLE, Christian M. Applying PLS Path Modeling: Introduction and Extensions. **PLS School**. Potsdam, Germany. November 23-24, 2007.

HENSELER, Jorg; RINGLE, Christian M.; SINKOVICS, Rudolf R. The use of partial least squares path modeling in international marketing. **Advances in International Marketing**, v. 20, p. 277-319. 2009.

HOEGL, Martin; SCHULZE, Anja. How to support knowledge creation in new product development: An Investigation of Knowledge Management Methods. **European Management Journal**, v. 23, n. 3, p. 263–273. June 2005.

HOU, Haiyan; KRETSCHMER, Hildrun; LIU, Zeyuan. The structure of scientific collaboration networks in. **Scientometrics**, v.75, n. 2, p. 189-202. May 2008.

HOYLE, Rick H. ***Structural Equation Modeling: Concepts, Issues, and Applications***. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. 1995.
Disponível em: http://books.google.com.br. Acessado em: 08/04/2013 e 21/01/2015.

HOYLE, Rick H.. ***Structural Equation Modeling for Social and Personality Psycology***. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. 2011. Disponível em: http://books.google.com.br. Acessado em: 18/03/2013.

HU, Clark; RACHERLA, Pradeep. Visual representation of knowledge networks: A social network analysis of hospitality research domain. **International Journal of Hospitality Management**, v. 27, n.2, p. 302-312. June 2008.

HULLAND, John. Use of Partial Least Squares (PLS) in Strategic Management Research: A Review of Four Recent Studies. **Strategic Management Journal**, v. 20, n. 2, p. 195-204. Feb. 1999.

HUSSON, Francois; JOSSE, Julie; LE, Sebastien; MAZET, Jeremy. Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining: package FactoMineR. Manual, versão 1.31.3. July 2015.
Disponível em: https://cran.r-project.org/web/packages/FactoMineR/FactoMineR.pdf. Acessado em: 08/08/2015.

HUSTAD, Eli. Managing Structural Diversity: the Case of Boundary Spanning Networks. **Journal of Knowledge Management**, v. 5, n. 4, p. 399-410. Dec. 2007.

JARVIS, Cheryl B.; MACKENZIE, Scott B.; PODSAKOFF, Philip M. A critical review of construct indicators and measurement model misspecification in marketing and consumer research. **Journal of Consumer Research**, v. 30, n. 2, p. 199-218. Sep. 2003.

JUNG, Carlos F. Hipótese, Descoberta, Modelo, Teoria e Lei. Ed. 2011. Disponível em: http://www.jung.pro.br/moodle/course/view.php?id=9. Acessado em: 01/06/2015.

KALISH, Yuval; ROBINS, Garry. Psychological predispositions and network structure: The relationship between individual predispositions, structural holes and network closure. **Social Networks**, v. 28, n. 1, p. 56-84. Jan. 2006.

KASTELLE, Tim; STEEN, John. Introduction: Using network analysis to understand innovation. **Innovation: Management, Policy & Practice**, v. 12, n. 1, p. 2-4. Apr. 2010.

KATZ, J. Sylvan; MARTIN, Ben R. What is research collaboration? **Research Policy**, v. 26, n. 1, p. 1-18. March 1997.

KILDUFF, Martin; TSAI, Wenpin. ***Social Network and Organizations***. London: SAGE Publications Ltd., 2003.

KLEIN, Katherine J.; LIM, Beng-Chong; SALTZ, Jessica L.; MAYER, David M. How do They Get There? An Examination of the Antecedents of Centrality in Team Networks. **Academy of Management Journal**, v. 47, n. 6, p. 952-963. Dec. 2004.

KLINE, Rex B. ***Principles and Practice of Structural Equation Modeling***. 3. ed. New York, NY: The Guilford Press, Inc. 2011.

KNOKE, David; YANG, Song. ***Social Network Analysis***. 2. ed. *Quantitative applications in the social sciences Series; v.154.* Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc. 2008.

KROGH, Georg von; NONAKA, Ikujiro; RECHSTEINER, Lise. Leadership in Organizational Knowledge Creation: A Review and Framework. **Journal of Management Studies**, v. 49, n. 1, p. 240-277. Jan. 2012.

LAUMANN, Edward O.; MARSDEN, Peter V.; PRENSKY, David. The boundary specification problem in network analysis. In: FREEMAN, Linton C.; WHITE, Douglas R.; ROMNEY, A. Kimball (Eds.). **Research Methods in Social Network Analysis**. Fairfax, VA: George Mason University Press. 1989. Chapter 3. Disponível em: https://books.google.com.br. Acessado em: 10/08/2015.

LAW, Kenneth S.; WONG, Chi-Sum; MOBLEY, William M. Toward A Taxonomy of Multidimensional Constructs. **Academy of Management Review**, v. 23, n. 4, p. 741-755. Oct. 1998.

LEE, Lorraine; PETTER, Stacie; FAYARD, Dutch; ROBINSON, Shani. On the use of partial least squares path modeling in accounting research. **International Journal of Accounting Information Systems**, v. 12, n. 4, p. 305-328. Dec. 2011.

LEE, Sooho; BOZEMAN, Barry. The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity. **Social Studies of Science**, v. 35, n. 5, p. 673-702. Oct. 2005.

LePINE, Jeffrey A.; VAN DYNE, Linn. Voice and cooperative behavior as contrasting forms of contextual performance: evidence of differential relationships with big five personality characteristics and cognitive ability. **Journal of Applied Psychology**, v. 86, n. 2, p. 326-336. Apr. 2001.

LÉVI-STRAUSS, Claude. ***The elementary structure of kinship***. Trad. James Harle Bell, John Richard von Sturmer e Rodney Needham. Boston: Beacon Press. 1969.

LIMA, Maycke Y. Coautoria na produção científica do PPGGeo/UFRGS: uma análise de redes sociais. **Ci. Inf.**, Brasília-DF, v. 40, n. 1, p. 38-51. Jan./abr. 2011.

LIU, Xiaoming; BOLLEN, Johan; NELSON, Michael L.; SOMPEL, Herbert Van de. Co-authorship networks in the digital library research community. **Information Processing and Management**, v. 41, n. 6, p. 1462-1480. Dec. 2005.

LOHMANN, Gabriele; MARGULIES, Daniel S.; HORSTMANN, Annette; PLEGER, Burkhard; LEPSIEN, Joeran; GOLDHAHN, Dirk; SCHLOEGL, Haiko; STUMVOLL, Michael; VILLRINGER,Arno; TURNER, Robert. Eigenvector Centrality Mapping for Analyzing Connectivity Patterns in fMRI Data of the Human Brain. **PloS ONE**, v. 5, n. 4, 8 p. April 2010.

LUUKKONEN, Terttu; PERSSON, Olle; SIVERTSEN, Gunnar. Understanding Patterns of International Scientific Collaboration. **Science, Technology, & Human Values**, v. 17, n. 1, p. 101-126. Jan. 1992.

MAIA, Maria F. S.; CAREGNATO, Sônia E. Co-autoria como indicador de redes de colaboração científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 13, n. 2, p. 18-31. Mai/Ago. 2008.

MALHOTRA; Manoj K.; GROVER; Varun. An assessment of survey research in POM: from constructs to theory. **Journal of Operations Management**, v. 16, n. 4, p. 407-425. July 1998.

MANLY, Bryan J. F. Métodos Estatísticos Multivariados: uma introdução. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva Maria. ***Fundamentos de Metodologia Científica***. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARIN, A.; WELLMAN, B. Social network analysis: An introduction. In: J. Scott and P. J. Carrington (Eds.), **The SAGE handbook of social network analysis**, SAGE Publications, p. 11-25. 2011.
Disponível em: http://groups.chass.utoronto.ca/netlab/wp-content/uploads/2012/05/Social-Network-Analysis-An-Introduction.pdf. Acessado: 05/08/2015.

MARIOLIS, Peter. "Region" and "subgroup": Organizing concepts in social network analysis. **Social Networks**, v. 4, n. 4, p. 305-328. Dec. 1982.

MARSDEN, Peter V. Egocentric and sociocentric measures of network centrality. **Social Networks**, v. 24, n. 4, p. 407-422. Oct. 2002.

MARSDEN, Peter V. Network Analysis. *In*: Kimberly Kempf-Leonard (ed.), **Encyclopedia of Social Measurement**, v. 2, p. 819-825. San Diego: Academic Press. 2005.

MARTELETO, Regina M. Análise de redes sociais: Aplicação nos estudos de transferência de informação. **Ciência da Informação**, v. 30, n. 1, p. 71-81, Jan./abr. 2001.

MARUYAMA, Geoffrey M. ***Basics of structural equation modeling***. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc., 1998.
Disponível em: http://books.google.com.br. Acessado em: 08/04/2013.

MICHAELIS. ***Moderno dicionário da língua portuguesa***. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

MILGRAM, Stanley. The Small-Word Problem. **Psychology Today**, v. 1, n. 1, p. 61-67. May 1967.

MIZRUCHI, Mark S. Análise de Redes Sociais: Avanços Recentes e Controvérsias Atuais. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, v. 46, n. 3, p. 72-86. Jul-set. 2006.

MOLLENHORST , Gerald; VOLKER, Beate; FLAP, Henk. Social contexts and personal relationships: The effect of meeting opportunities on similarity for relationships of different strength. **Social Networks**, v. 30, n. 1, p. 60-68. Jan. 2008.

MONTEIRO, Carlos A.; BARROSO, Antonio C. de O. How knowledge and technology are created in a research institute. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE; MEETING ON NUCLEAR APPLICATIONS, 10th; MEETING ON REACTOR PHYSICS AND THERMAL HYDRAULICS, 17th; MEETING ON NUCLEAR INDUSTRY, 2nd, October 24-28, 2011, Belo Horizonte, MG. ***Proceedings***... Sao Paulo: ABEN, 2011.

MÜLLER-PROTHMANN, Tobias, Social Network Analysis: A Practical Method to Improve Knowledge Sharing. In: Kazi, A. S., Wohlfahrt, L,, Wolf P. (eds.). **Hands-on knowledge co-creation and sharing; practival methods and techniques**. Knowledge Board: Stuttgart. July 2007. p. 219-233.
Disponível em SSRN: http://ssrn.com/abstract=1467609. Acessado em: 06/02/2013.

NAHAPIET, Janine; GHOSHAL, Sumantra. Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage. **The Academy of Management Review**, v. 23, n. 2, p. 242-266. Apr. 1998.

NASCIMENTO, Mario A.; SANDER, Jörg; POUND, Jeffrey. Analysis of SIGMOD's CoAuthorship Graph. **ACM SIGMOD Record**, v. 32, n. 3, p. 8-10. Sep. 2003.

NEWMAN, M.E.J. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. **The National Academy of Sciences**, v. 101, n. 1, p. 5200-5205. Apr. 2004a.

NEWMAN, M.E.J. Who is the best connected scientist? A study of scientic coauthorship networks. **Complex Networks**, v. 650, p. 337-370. Aug. 2004b.

NEWMAN, M.E.J., WATTS, D.J., STROGATZ, S.H. Random graph models of social networks. In:NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, February 19, 2002, v. 99 (suppl 1), USA, ***Proceedings…*** p. 2566-2572.

NONAKA, Ikujiro. A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. **Organization Science**, v. 5, n. 1, p. 14-37. Feb. 1994.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. ***Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação***. Trad. de Ana Beatriz Rodrigues, Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997.

NOOY, Wouter de; MRVAR, Andrej; BATAGELJ, Wladimir. ***Exploratory Network Analysis with Pajek***. New York: Cambridge University Press, 2005.

O´SULLIVAN, Kevin J.; STANKOSKY, Michael. The impact of knowledge management technology on intellectual capital. **Journal of Information & Knowledge Management**, v. 3, n. 4, p. 331-346. Dec. 2004.

OBSTFELD, David. Social Networks, the Tertius Iungens Orientation, and Involvement in Innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 50, n. 1, p. 100–130. Mar. 2005.

OLIVEIRA, Ely F. T.; GRÁCIO, Maria C. C. Scientific collaboration network in "metrical studies": a co-authorship study using the Scielo information science periodicals. **Brazilian Journal of Information Science**, v. 2, n. 2, p. 33-47, Jul./Dec. 2008.

OLIVERA, Fernando; STRAUS, Susan G. Group-to-Individual Transfer of Learning: Cognitive and Social Factors. **Small Group Research**, v. 35, n. 4, p. 440-465. Aug. 2004.

OTTE, Evelien; ROUSSEAU, Ronald. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. **Journal of Information Science**, v. 28, n. 6, p. 441-453. Dec. 2002.

PARISE, Salvatore; CROSS, Rob; DAVENPORT, Thomas H. Strategies for Preventing a Knowledge-Loss Crisis. **MIT Sloan Management Review**, v. 47, n. 4, p. 31-38. Jul. 2006.

PARRA, Domingos; SANTOS, João A. ***Metodologia científica***. São Paulo: Futura, 2003.

PARREIRAS, Fernando S.; SILVA, Antonio; MATHEUS, Renato F.; BRANDÃO, Wladmir. RedeCI: colaboração e produção científica em ciência da informação no Brasil. **Ciência da Informação**, v. 11, n. 3, p. 302-317. Set./dez. 2006.

PASQUALI, Luiz. Princípios de elaboração de escalas psicológicas. **Revisa de Psiquiatria Clínica**, v. 25, n. 5, p. 206-213. 1998.

PAVLOU, Paul A.; CHAI, Lin. What drives electronic commerce across cultures? a cross-cultural empirical investigation of the theory of planned behavior. **Journal of Electronic Commerce Research**, v. 3, n. 4, p. 240-253. Nov. 2002.

PEREIRA, Carla S.; SOARES, António L. Improving the quality of collaboration requirements for information management through social networks analysis. **International Journal of Information Management**, v. 27, n. 2, p. 86-103. Apr. 2007.

PHAM, Michel T.; COHEN, Joel B.; PRACEJUS, John W.; HUGHES, G. David. Affect Monitoring and the Primacy of Feelings in Judgment. **Journal of Consumer Research**, v. 28, n. 2, p. 167-188. Sep. 2001.

PIKE, Thomas W. Collaboration networks and scientific impact among behavioral ecologists. **Behavioral Ecology**, v. 21, n. 2, p. 431-435. Mar./Apr. 2010.

PRAVDIC, Nevenka; OLUIC-VUKOVIC, Vesna. Distribution of scientific productivity: Ambiguities in the assignment of author rank. **Scientometrics**, v. 20, n. 1, p. 131-144. Jan. 1991.

PRELL, Cristina. ***Social Network Analysis: history, theory and methodology***. London: SAGE Publication Ltd., 2012.

QUIVY, Raymond & CAMPENHOUDT, Luc Van. ***Manual de investigação em ciências sociais***. Lisboa: Portugal: Gradiva, 1992.

RACHERLA, Pradeep; HU, Clark. A social network perspective of tourism research collaborations. **Annals of Tourism Research**, v. 37, n. 4, p. 1012-1034. Oct. 2010.

RAY, Erick T. ***Learning XML***. 2 ed. Sebastopol, CA: O´Reilly Media, Inc. 2003. Disponível em: http://books.google.com.br. Acessado em: 28/01/2015.

RIJNSOEVER, Frank J. van; HESSELS, Laurens K. Factors associated with disciplinary and interdisciplinary research collaboration. **Research Policy**, v. 40, n. 3, p. 463-472. Apr 2011.

RINGLE, Cristhian M.; SILVA, Dirceu; BIDO, Diógenes. Modelagem de equações estruturais com utilização do SmartPLS. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 13, n. 2, p. 56-73. Maio 2014.

RINGLE, Cristhian M.; WENDE, Sven; WILL, Alexander. *SmartPLS 2.0.M3*. Hamburg: SmartPLS, HTTP://www.smartpls.de. 2005.

SAINT-ONGE, Hubert. Tacit knowledge the key to the strategic alignment of intellectual capital. **Planning Review**, v. 24, n. 2, p. 10-16. 1996.

SCHUMACKER, Randall E.; LOMAX, Richard G. ***A beginner's guide to structural equation modeling***. 3. ed. New York, NY: Taylor & Francis Group. 2010.
Disponível em: https://books.google.com.br. Acessado em: 09/08/2015.

SCOTT, John. ***Social Network Analysis: a handbook***. 2. ed. London: SAGE Publications, Ltd. 2000.

SCOTT, John; CARRINGTON, Peter J. ***Social network analysis***. London: SAGE Publications, Ltd. 2011.
Disponível em: http://books.google.com.br. Acessado em: 09/11/2014.

SHAH, Rachna; GOLDSTEIN, Susan M. Use of structural equation modeling in operations management research: Looking back and forward. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 2, p. 148-169. Jan. 2006.

SILVA, Wesley M.; BIDO, Diógenes S.; FORTE, Denis. Identificando Atributos que Influenciam o Desempenho do Professor de Finanças: Evidências Empíricas por Meio de Equações Estruturais. In: XXXII EnANPAD, 6-10 setembro, 2008, Rio de Janeiro, RJ. ***Anais...***

SONNENWALD, Diane H. Scientic collaboration. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 643-681. 2007.

STANKOSKY, Michael. ***Creating the Discipline of Knowledge Management***. Burlington, MA: Elsevier, Inc., 2005.
Disponível em: https://books.google.com.br. Acessado em: 13/06/2015.

STEWART, Thomas A. ***Capital intelectual: a nova vantagem competitiva das empresas***. Trad. de Ana Beatriz Rodrigues. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

STONE, M. Cross-validatory Choice and Assessment of Statistical Prediction. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 36, n. 2, p. 111-147. 1974.

TENENHAUS, Michel; VINZI, Vincenzo E.; CHATELIN, Yves-Marie; LAURO, Carlo. PLS path modeling. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 48, n. 1, p. 159-205. Jan. 2005.

TERRA, José Cláudio C. ***Gestão do Conhecimento: aspectos conceituais e estudo exploratório sobre as práticas de empresas brasileiras***. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade de São Paulo – POLI/USP. Orientador: Guilherme Ary Plonsky.

TOTTERDELL, Peter; HOLMAN, David; HUKIN, Amy. Social networkers: Measuring and examining individual differences in propensity to connect with others. **Social Networks**, v. 30, n. 4, p. 283-296. Oct. 2008.

TSOUKAS, Haridimos. **Do we really understand tacit knowledge?** In: KNOWLEDGE ECONOMY AND SOCIETY SEMINAR, LSE DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS, 14 June 2002. Disponível em: http://www.lse.ac.uk/collections/informationSystems/events/ESRCSeminars/tsoukas.pdf. Acessado em: 12/03/2008, e http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.18.8864&rep=rep1&type=pdf Acessado em: 09/08/2015.

TYLOR, Edward B. ***Primitive Culture: Researches into the Development of Mythology, Philosophy, Religion, Language, Art, and Custom***. 6. ed. London: John Murray, 1920. Disponível em: https:// https://archive.org/details/primitiveculture01tylouoft. Acessado em: 16/06/2015.

ULLRICH, Danielle Regina; OLIVEIRA, Josiane S.; SCHEFFER, Angela Beatriz Busato. Formação de redes sociais de coautoria na área de gestão de pessoas: uma análise bibliométrica em periódicos brasileiros no triênio de 2007 a 2009. **REGE Revista de Gestão**, v. 19, n. 4, p. 553-570, Out./dez. 2012.

VAN DER VALK, Tessa; GIJSBERS, Govert. The use of social network analysis in innovation studies: Mapping actors and technologies. **Innovation: Management, Policy & Practice**, v. 12, n. 1, p. 5-17. 2010.

WASSERMAN, Stanley; FAUST, Katherine. ***Social Network Analysis: Methods and Applications***. New York, NY: Cambridge University Press, 1994.

WATSON, Ian. Applying Knowledge Management Techniques for Building Corporate Memories. In: **Morgan Kaufmann Series in Artificial Intelligence**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 2003. Chapter 1.
Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/book/9781558607606. Acessado em: 09/08/2015.

WEBSTER´S. New international dictionary of the english language. Vol. I. 2. ed. Eds.: William Allan Neilson, Thomas A. Knott, Paul W. Carhart. Springfield, MA: G&C Merriam Company, 1956.

WETZELS, Martin; SCHRÖDER, Gaby O.; OPPEN, Claudia van. Using PLS Path Modeling for assessing hierarchical construct models: guidelines and empirical illustration. **MIS Quarterly**, v. 33, n. 1, p. 177-195. Mar. 2009.

WICKRAMASINGHE, Nilmini; LUBITZ, Dag Von. ***Knowledge-based enterprise: theories and fundamentals***. Hershey PA: Idea Group Publishing, 2007.

WONG, Ken K. K. Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Techniques Using SmartPLS. **Marketing Bulletin**, v. 24, 32 p. 2013. (*Technical Note*).

YAN, Erjia; DING, Ying. Applying Centrality Measures to Impact Analysis: A Coauthorship Network Analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 60, n. 10, p. 2107-2118. Oct. 2009.

ZACK, Michael H. Researching Organizational Systems using Social Network Analysis. In: Hawaii International Conference on System Sciences, 33rd, 2000. ***Proceedings…*** Disponível em: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=926933. Acessado em: 02/06/2013.

ZHAO, Jingyuan; PABLOS, Patricia O.; QI, Zhongying. Enterprise knowledge management model based on China’s practice and case study. **Computers in Human Behavior**, v. 28, n. 2, p. 324-330. Mar. 2012.