

PERFIL DOS BOLSISTAS DE PRODUTIVIDADE EM PESQUISA NAS SUBÁREAS DA QUÍMICA DO CNPq

Lucilene F. O. Cândido^{a,*}, Natacha C. F. Santos^{a,b} e João B. T. da Rocha^c^aConselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, SHIS QI 01, Conjunto B, Bloco C, Lago Sul, 71605-001 Brasília – DF, Brasil^bUniversidade Paulista, SGAS 913, s/nº - Conjunto B - Asa Sul, 70390-130 Brasília – DF, Brasil^cCentro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900 Santa Maria – RS, Brasil

Recebido em 26/10/2015; aceito em 18/02/2016; publicado na web em 18/03/2016

PROFILE OF CNPq RESEARCH PRODUCTIVITY FELLOWS IN SUBFIELDS OF CHEMISTRY. The profile analysis of CNPq Research Productivity Fellows (PQ) in the four subfields of chemistry and in their respective specialties highlighted particularities with regard to the indicators related to the judging criteria established by the Chemistry Advisory Committee. The curricula of all 727 PQ fellows with active grants in 15/03/2013 were analyzed spanning the past 10 years (2003-2013). Out of all PQ-1 fellows, researchers in the subfield of Organic Chemistry had the highest median number of articles published per year. The subfield of Analytical Chemistry qualifies a higher number of postgraduate level students in comparison to other Chemistry subfields. Furthermore, this subfield had the highest average Hirsch index among PQ-1A and PQ-1B fellows. On the other hand, Inorganic Chemistry had the highest average number of patent applications per researcher, while Physical Chemistry had the specialties with the highest citation rates per paper and the highest average impact factors per journal. In all subfields, women made up a low proportion, especially at the highest levels of PQ fellowships. Although quantitative differences in scientific output were observed among the subfields, qualitative evaluation of science output was not carried out.

Keywords: Chemistry; subfields; bibliometric indices; research productivity; PQ fellowship.

INTRODUÇÃO

As primeiras bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), na área de Química, foram concedidas em 1976 com o intuito de valorizar a produtividade científica dos pesquisadores frente a seus pares. Esta é uma modalidade de bolsa do CNPq que confere um *status* aos pesquisadores produtivos, refletindo em impacto positivo na vida acadêmica do pesquisador e da instituição ao qual o mesmo está vinculado. Esta modalidade de bolsa é hierarquizada em seis níveis (PQ-SR, PQ-1A, PQ-1B, PQ-1C, PQ-1D e PQ-2). Todos os níveis de bolsa PQ são recomendados pelo Comitê Assessor de Química. A bolsa PQ-SR tem o diferencial de ser concedida pelo Conselho Deliberativo do CNPq, ao pesquisador que se manteve ativo nos níveis PQ-1A ou PQ-1B por, no mínimo, 15 anos.

A literatura reporta alguns poucos estudos sobre o perfil dos bolsistas de Produtividade Científica (PQ) do CNPq, apesar do grande interesse da comunidade científica por esta modalidade de bolsa. Um primeiro estudo sobre o perfil dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa (PQ) da área de Química do CNPq foi publicado em 2010 por Santos *et al.*¹ Em outro estudo,² Alves *et al.* fizeram uma reavaliação do perfil dos bolsistas PQ do CNPq, da área de Química no Brasil, de acordo com as informações contidas na Plataforma Lattes. Foi considerada a produção científica de 695 bolsistas em 10 anos (2002 a 2011), utilizando uma linguagem automática de extração dos dados que foi desenvolvida pelos autores.

Estes dois artigos são os únicos estudos existentes até o momento que avaliam a produtividade científica dos bolsistas PQ da Área de Química de forma objetiva, utilizando ferramentas bibliométricas ou cientométricas. Outra área do conhecimento, a Ciências da Saúde, também tem realizado estudos semelhantes a fim de promover o conhecimento do desenvolvimento científico obtido naquela área.³⁻⁷

O estudo de 2010¹ apresentou a produtividade individual dos bolsistas PQ e destacou que alguns indicadores objetivos e quantitativos de produtividade científica deveriam ser analisados com cautela, devido às especificidades das áreas do conhecimento. A partir desta idéia, o estudo atual se propõe avançar na avaliação do perfil de produtividade científica da Química, com uma abordagem que atente às peculiaridades das Subáreas e de suas Especialidades.

De acordo com um trabalho preliminar, realizado pela Comissão Especial de Estudos constituída por representantes do CNPq, da CAPES e da FINEP,⁸ sobre a proposta de uma nova Tabela das Áreas do Conhecimento, entende-se por *Subárea* uma segmentação da área de conhecimento estabelecida em função do objeto de estudo e de procedimentos metodológicos reconhecidos e amplamente utilizados e por *Especialidade* entende-se a caracterização temática da atividade de pesquisa e de ensino.

A área de Química no CNPq é dividida, conforme a Tabela de Áreas do Conhecimento, em quatro subáreas: Química Analítica, Físico-Química, Química Inorgânica e Química Orgânica. Cada uma dessas subáreas é subdividida em Especialidades do conhecimento, perfazendo um total de 29 Especialidades.⁹

Neste trabalho foi realizado um estudo do perfil de produtividade científica das subáreas da Química e de suas Especialidades, a partir dos indicadores de produtividade dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa (PQ), extraídos dos currículos Lattes dos bolsistas PQ e referentes ao período de 10 anos (2003 até a captura dos dados em 15/03/2013).

MÉTODO

As informações sobre os dados de produção foram extraídas dos currículos Lattes dos bolsistas PQ da Química classificados nos níveis PQ-SR, PQ-1A, PQ-1B, PQ-1C, PQ-1D e PQ-2. O universo abordado compreendeu todos os pesquisadores bolsistas PQ da Química com bolsa vigente em 15/03/2013. Naquela data, 93% dos currículos

*e-mail: lucilene.candido@cnpq.br

Lattes dos bolsistas haviam sido atualizados há menos de 3 meses e apenas 2% dos currículos haviam sido atualizados há mais de 9 meses.

O enquadramento na Subárea e na Especialidade foi definido pelo próprio bolsista PQ, no momento em que realizou a submissão do pedido de bolsa. Alguns pesquisadores não se enquadraram em qualquer das Especialidades da Tabela do CNPq⁹ e mantiveram a subárea como sendo a sua Especialidade. Por este motivo, foram relacionadas 30 Especialidades da Área de Química com a inclusão das quatro subáreas Química Analítica, Química Inorgânica, Química Orgânica e Físico-Química com a sinalização “Especialidade”-nome da subárea.

A geração dos dados de produção científica para a realização deste trabalho obedeceu aos critérios pré-estabelecidos para o julgamento de propostas de bolsa PQ, do Comitê Assessor da Química (CA-QU),^{10,11} mas também foram buscados outros dados relevantes à avaliação da área de Química.

A equipe de informática do CNPq gerou planilhas Excel, com informações retiradas dos currículos Lattes dos bolsistas de PQ com dados que abrangeram o período de 10 anos (2003 até a captura em 15/03/2013). A planilha de Artigos Completos Publicados em Periódicos teve seus dados extraídos da base de produção científica do Currículo Lattes no CNPq. Os valores de fator de impacto (FI)¹² dos periódicos foram estabelecidos a partir das Tabelas de pontuação do JCR 2011 (Journal Citation Report 2011). Um algoritmo foi utilizado para localização e comparação por similaridade (Trigrama) dos nomes dos periódicos cuja informação do ISSN não estava presente ou estava incoerente no momento da busca dos dados. Esse procedimento visava efetivar as ligações, por meio do ISSN, com as Tabelas de pontuação do JCR 2011. As demais planilhas de produção científica dos pesquisadores foram extraídas diretamente da base do Currículo Lattes, sem necessidade de transformações ou ajustes.

A análise estatística e a geração dos Gráficos foram realizadas por meio do programa estatístico Minitab[®] 17 (Minitab 17 Statistical Software) sob licença de uso acadêmico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição dos bolsistas PQ por subárea, categorias de bolsa e gênero.

A Figura 1 apresenta a distribuição dos bolsistas PQ de acordo com o sexo, nível e subárea. Em março de 2013 o Programa Básico de Química possuía 727 bolsistas PQ, sendo 262 na categoria PQ-1, 458 na categoria PQ-2 e 7 na categoria PQ-SR.

Em números brutos, a Química Orgânica era a maior das subáreas, em número de bolsistas PQ, com 34,4% dos bolsistas e a Química Inorgânica era a menor com 17,5%. A Físico-Química e a Química Analítica possuíam respectivamente 24,7% e 23,4% dos bolsistas. Em todas as categorias e níveis de bolsa, a Química Orgânica tinha a maior proporção desses, enquanto a Química Inorgânica tinha a menor proporção em todos os níveis da categoria 1, exceto nos níveis PQ-1C em que a Química Analítica era a menor, com 17% dos bolsistas e na categoria PQ-SR em que a Físico-Química não possuía bolsista. Esta distribuição dos bolsistas PQ entre as subáreas já era observada em 2010 e se manteve, em 2013, devido a uma distribuição baseada em parte à demanda e noutra à disponibilidade de cotas a vencer. Entre as Especialidades, a de Química de Produtos Naturais era a maior em número de bolsistas, com 12,2% do total de bolsistas PQ, seguida da Síntese Orgânica com 7,2% e da Química Teórica com 5,6%. Os bolsistas PQ que mantiveram a sua Subárea como Especialidade, correspondiam nas “Especialidades”-Química Analítica, -Química Orgânica, -Química Inorgânica e -Físico-Química à respectivamente 10,6%, 7,5%, 6,6% e 5,2% do total de bolsistas.

A análise de gênero mostrou que dos 727 bolsistas PQ, 31,3% são mulheres. A maior proporção de mulheres, nos níveis de bolsa PQ, estava na categoria PQ-2 com 163 pesquisadoras (35,6%), seguidos dos níveis PQ-1D com 35 pesquisadoras (32,7%), PQ-1C com 18 pesquisadoras (28,1%), PQ-1B com 8 pesquisadoras (17,7%), PQ-SR com 1 pesquisadora (14,3%) e PQ-1A com 3 pesquisadoras (6,5%).

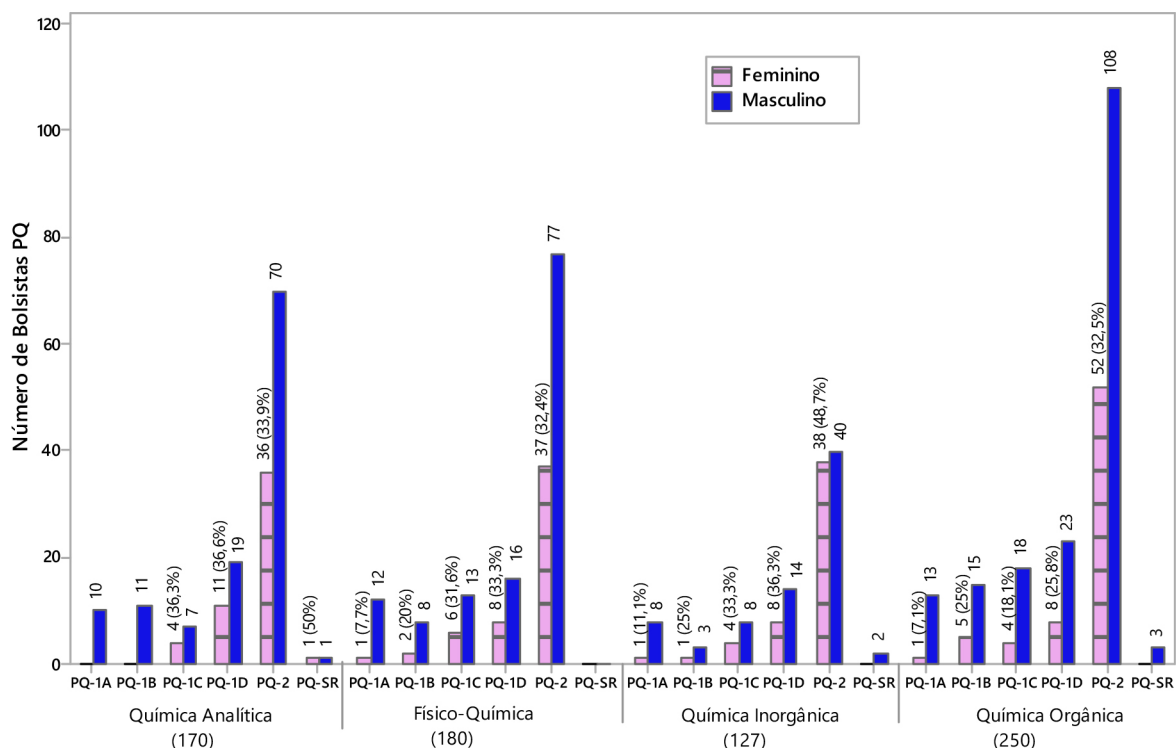


Figura 1. Número de bolsistas PQ nas várias categorias/níveis de bolsa por subárea da Química (n=727)

Em 2015, a parcela de mulheres no nível PQ-1A aumentou para 8,6% com a inclusão de duas pesquisadoras ao grupo de 58 bolsistas.

Na análise da distribuição dos bolsistas nas subáreas, verificou-se que a Química Inorgânica era a única que possuía, na categoria PQ-2, uma proporção próxima da equivalência entre os sexos com 48,7% de mulheres. Também era a subárea com a maior proporção de mulheres no nível PQ-1A com 11,1%. A Química Analítica não possuía mulheres em seus níveis PQ-1A e PQ-1B. Nos níveis PQ-1B, PQ-1C, PQ-1D e PQ-2, nas demais subáreas, a proporção de mulheres estava entre 18,1% a 36,6%, do total de bolsistas do nível. Somente a Química Analítica apresentava mulheres no nível PQ-SR.

Com relação à distribuição por sexo nas Especialidades (dados não mostrados), verificou-se que, em números brutos, a Química de Produtos Naturais era a Especialidade com o maior número de mulheres com 36 pesquisadoras (40,4% dos bolsistas da Especialidade), seguida da Química Bio-Inorgânica com 19 pesquisadoras (61,2%), da Química Analítica com 19 pesquisadoras (24,6%), da Análise de Traços e Química Ambiental e da Físico-Química, ambas com 15 pesquisadoras (39,4%). A Cinética Química e Catálise, com 10 pesquisadoras, e a Fotoquímica Inorgânica, com 1 pesquisadora, eram as únicas Especialidades em que o número de bolsistas dos dois sexos era equivalente. As Especialidades de Química Bio-Inorgânica e de Polímeros e Colóides, com 19 e 10 pesquisadoras, respectivamente, eram as únicas Especialidades com mais bolsistas do sexo feminino que do sexo masculino.

Em 2015, a Química Analítica passou a contar com uma mulher no nível PQ-1B, mas continuou sendo a única das subáreas sem representatividade feminina no nível PQ-1A.

Em trabalho de Olinto,¹³ a autora utilizou dados de distribuição de bolsas do CNPq de 2011 para mostrar que a tendência de menor representatividade feminina nos níveis mais altos é observada desde o início da carreira científica. As mulheres representavam, naquele ano, 56% dos bolsistas de Iniciação Científica do CNPq, de todas as áreas, mas esse percentual ia caindo à medida que se avançava na carreira de pesquisador, sendo de 52% para os bolsistas de Mestrado e 51% para bolsistas de Doutorado, mas apenas 36% dos bolsistas PQ.

Alguns poderiam supor que esse elevado percentual de bolsistas de Iniciação Científica, em 2011, demonstraria progresso na igualdade de gênero e que isso se refletiria nos níveis mais altos apenas no futuro. No entanto, dez anos antes, em 2001, as mulheres já eram maioria dos bolsistas de IC do CNPq (55%) e já se observava essa tendência de queda da representatividade feminina em relação aos bolsistas do CNPq de mestrado (50%), de doutorado (49%) e dos bolsistas PQ (32%),¹⁴ o que reforça a ideia de que há uma barreira para a ascensão das mulheres na carreira.

Os estudiosos das questões de gênero denominam esta baixa representatividade feminina, à medida que se sobe na escala hierárquica da carreira, de discriminação vertical ou teto de vidro, como o fenômeno passou a ser conhecido em 1984, após a publicação do artigo de Frenkiel.¹⁵ Mesmo após a virada do século, o teto de vidro ainda dificulta a ascensão feminina a cargos de maior poder e decisão, em diversas profissões. Em estudo recente de Moschkovich e Almeida,¹⁶ 2015, as autoras mostraram que os docentes do sexo masculino têm significativamente mais chances do que suas colegas de ocupar diretorias de faculdades e institutos, e cargos no conselho universitário. Além disso, mostraram que a proporção de docentes do sexo feminino no nível de entrada da carreira de docência é ligeiramente maior que a média, do sexo feminino, nos demais níveis da carreira e esta proporção de professoras é menor nos níveis mais elevados da carreira de docência.

No estudo de 2010,¹ a representatividade feminina nos níveis de bolsa PQ era de 32,8 % do total de bolsistas PQ. Comparativamente ao estudo de 2010,¹ a participação feminina diminuiu, em 2013, para

31,3% do total de bolsistas da Química, mas a representatividade feminina nos níveis hierárquicos PQ-1A e PQ-1B teve um aumento de 4,5% para 6,5% do total de bolsistas PQ-1A e de 15,2% para 17,7% do total de bolsistas PQ-1B. Em números brutos, de 2010 a 2013, houve um aumento de 30 mulheres e de 93 homens no sistema de bolsas do CNPq. Estes dados, referentes à questão de gênero na área Química, sugeriram que sejam necessários estudos adicionais para uma melhor compreensão do tema e de suas implicações na distribuição de bolsas PQ.

Artigos publicados por Especialidade da Química

A Tabela 1 apresenta na primeira coluna o nome das Especialidades da Química e, entre parênteses, o número dos bolsistas PQ que estão em cada uma dessas Especialidades. A segunda coluna apresenta o número total de artigos publicados e as duas outras colunas apresentam, respectivamente, a razão de citações por artigo e o fator de impacto médio dos artigos.

Na análise do número total de artigos publicados em 10 anos, verificou-se que a subárea de Química Orgânica foi a que mais publicou artigos, em números brutos. Entre as Especialidades, as mais produtivas foram a Química de Produtos Naturais e a “Especialidade”-Química Analítica.

Na análise da repercussão da produção científica, como medida do número de citações dos artigos publicados pelos pesquisadores de cada Especialidade, em 10 anos, verificou-se que as Especialidades com maior número de citações recebidas foram a “Especialidade”-Química Analítica com 67369 citações e a Química de Produtos Naturais com 50615 citações.

A penúltima coluna da Tabela 1 apresenta a média de citações/artigo, nas respectivas Especialidades e subáreas da Química. Os dados se referem à média da razão entre o número de citações recebidas e o número dos artigos publicados por pesquisador da Especialidade. As médias obtidas foram geradas a partir de uma análise de média por ANOVA com 1 fator ($\alpha=0,05$).

Nesta análise, verificou-se que todas as Especialidades possuíam média de citações/artigo consideradas estatisticamente semelhantes à média geral da Química, que era de 16,14 citações/artigo, exceto nas Especialidades Cinética Química e Catálise com média de 27,53 citações/artigo e na Química de Produtos Naturais com média de 9,79 citações/artigo, cujas médias eram, respectivamente, superior e inferior à média geral da Química.

Em uma apreciação por subárea, verificou-se que a Especialidade da Química Analítica com o maior número de citações por artigo era a Instrumentação Analítica, com média de 22,7 citações/artigo. Na Físico-Química, a maior média era da Cinética Química e Catálise, na Química Inorgânica, a maior média era da Fotoquímica Inorgânica e na Química Orgânica, a maior média era da Físico-Química Orgânica.

Fator de impacto por Especialidade da Química e categoria de bolsa

O CA-QU incluiu, nos novos critérios que serão utilizados no triênio 2015-2017, como um dos indicadores de apoio para a apreciação do critério Produção do Pesquisador, o fator de impacto médio das publicações. Este indicador já era apreciado pelo CA-QU nos julgamentos de bolsa PQ, desde 2009, a título de informação complementar sobre a produtividade do pesquisador.

O fator de impacto médio representa a média aritmética dos valores de fator de impacto (FI) de cada um dos periódicos publicados. A Tabela 1 apresenta, na última coluna, a média do fator de impacto médio das publicações em cada Especialidade no período de 10 anos.

Tabela 1. Produtividade relacionada aos artigos publicados pelos bolsistas PQ, por Especialidades da Química

Especialidade da Química	Artigos Publicados	Média das Citações/artigo	Fator de Impacto Médio
Química (727)		16,14	2,55
<i>Química Analítica (170)</i>		15,09	2,57
Análise de Traços e Química Ambiental (38)	1638	14,08	2,52
Eletroanalítica (21)	1189	15,76	2,76
Instrumentação Analítica (7)	291	22,17	2,87
Métodos Óticos de Análise (8)	330	13,06	2,48
Química Analítica (77)	3985	16,29	2,59
Separação (19)	718	9,74	2,34
<i>Físico-Química (180)</i>		20,83	2,74
Cinética Química e Catálise (20)	775	27,53	2,95
Eletroquímica (32)	1603	21,57	3,03
Espectroscopia (15)	592	21,80	3,04
Físico-Química (38)	1905	20,68	2,75
Química de Interfaces (12)	494	17,15	2,70
Química do Estado Condensado (21)	919	18,36	2,38
Química Teórica (41)	1787	19,33	2,51
Termodinâmica Química (1)	69	11,50	2,33
<i>Química Inorgânica (127)</i>		16,29	2,66
Compostos de Coordenação (15)	595	12,69	2,41
Compostos Organo-Metálicos (4)	184	18,28	2,69
Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos (2)	135	8,96	1,70
Físico-Química Inorgânica (24)	1282	14,17	2,69
Fotoquímica Inorgânica (2)	36	18,96	3,91
Não-Metais e Seus Compostos (1)	136	18,35	2,30
Química Bio-Inorgânica (31)	1054	14,44	2,62
Química Inorgânica (48)	2240	19,66	2,73
<i>Química Orgânica (250)</i>		13,42	2,33
Estrutura, Conformação e Estereoquímica (8)	476	11,99	1,93
Evolução, Sistemática e Ecologia Química (1)	46	7,97	1,99
Físico-Química Orgânica (19)	932	24,37	2,87
Fotoquímica Orgânica (6)	231	14,64	2,52
Polímeros e Colóides (19)	827	17,51	2,43
Química dos Produtos Naturais (89)	5202	9,79	2,02
Química Orgânica (55)	3305	12,90	2,48
Síntese Orgânica (53)	2721	14,86	2,52

^aOs artigos referem-se ao período de 2003 a março de 2013. ^bNa coluna Especialidade, os dados entre parênteses são o número de bolsistas da Especialidade.

O fator de impacto médio da área de Química no período de 2003 a 2013 era igual a 2,55. O maior valor médio entre as subáreas era da Físico-Química com 2,74 e o menor valor era da Química Orgânica com 2,33. Nesta análise verificou-se que a Especialidade que possuía o maior fator de impacto médio, entre as Especialidades da Química, era a Fotoquímica Inorgânica com o valor de 3,91 e o menor era da Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos, com valor de 1,70. Também, verificou-se que nenhuma das Especialidades da Físico-Química ou da Química Analítica possuíam valores de fator de impacto médio inferiores a 2,3.

Em análise do fator de impacto médio e os níveis de bolsa PQ (dados não mostrados) verificou-se que tanto para os níveis PQ-1A quanto para o PQ-2, a Físico-Química possuía os maiores valores (3,06) e (2,77), respectivamente. A Química Analítica tinha os maiores valores médios para os pesquisadores classificados nos níveis PQ-1B com 2,80, PQ-1C com 2,75 e PQ-SR com 2,71. A Química Inorgânica possuía o maior valor de fator de impacto médio no nível PQ-1D com 2,71.

O fator de impacto das revistas é um indicador bastante controverso, visto que é baseado em citações das publicações. Sua utilização

como medida da qualidade de um trabalho ou revista, por sua vez, também é bastante controversa. O fator de impacto dos periódicos, calculado pela Thomson Reuters e publicado anualmente como Relatório de Citação de Periódicos (JCR), foi criado originalmente como uma ferramenta para ajudar bibliotecários a escolher periódicos que iriam adquirir, não como medida da qualidade científica da pesquisa em um artigo. Alguns autores¹⁷⁻¹⁹ afirmam que os dados utilizados para calcular o fator de impacto não são transparentes ou de livre acesso ao público e que o valor do fator de impacto publicado pela Thomson Reuters no Journal Citation Report não é reproduzível e por isso outras bases de dados deveriam ser utilizadas. Neste aspecto, Vancley¹⁷ destacou que o fator de impacto tem várias limitações, tais como: a) a distribuição das citações em um periódico é bastante distorcida; b) depende enormemente da área de pesquisa, subárea e até Especialidade; c) é dado que pode ser manipulado por políticas editoriais; e d) os dados utilizados para calcular o fator de impacto não são transparentes ou de livre acesso ao público. Considerando as limitações do fator de impacto, muitos têm sido os manifestos contra o seu uso na avaliação científica de artigos, indivíduos e instituições.²⁰⁻²²

Apesar destas controvérsias, este é um índice utilizado nos

julgamentos de bolsa PQ pelo Comitê Assessor de Química e por alguns outros Comitês de Assessoramento do CNPq. A Tabela 2 apresenta o número total de artigos publicados nas Especialidades da Química, por faixa de fator de impacto.

Na apreciação do fator de impacto dos artigos publicados por subárea, referentes às Tabelas de pontuação do JCR 2011, verificou-se que as maiores médias de publicação da Química foram nas faixas com valores de $1 \leq FI < 4$. Na faixa de $3 \leq FI < 4$ a Química Analítica foi a que mais publicou, com média de 12,1 artigos/bolsista, seguida da Físico-Química, com média de 8,8 artigos/bolsista, dentre as Especialidades dessas subáreas, as que mais publicaram, nesta faixa de FI, foram a Eletroanalítica com média de 16,1 artigos/bolsista e a Termodinâmica Química com média de 12 artigos/bolsista. Na faixa de $FI < 3$, a Química Orgânica foi a subárea que mais publicou. A Especialidade da Química Orgânica que mais publicou na faixa de $2 \leq FI < 3$ foi a Evolução, Sistemática e Ecologia Química com média de 19 artigos/bolsista. Na faixa de $1 \leq FI < 2$, a Estrutura, Conformação e Estereoquímica foi a Especialidade que mais publicou com média 20,2 artigos/bolsista. Na faixa $0,5 \leq FI < 1$, a Química de Produtos Naturais tinha mais publicações, com média de 11,4 artigos/bolsista

e na faixa de $0 < FI < 0,5$ a Especialidade que mais publicou foi a Estrutura, Conformação e Estereoquímica com média de 10,6 artigos/bolsista. Com relação aos artigos publicados em periódicos cujo $FI = 0$, a Química Analítica era a subárea com mais publicações por pesquisador, sendo que a Separação era a Especialidade da Química Analítica que mais publicou artigos em periódico de $FI = 0$, com média de 7,2 artigos/bolsista.

Já nas revistas de maior fator de impacto, ou seja, de $FI \geq 4$, a Química publicou pouco em comparação às demais faixas de fator de impacto. A Química Inorgânica foi a subárea com maior média de publicação em periódicos de $FI \geq 6$ e a Especialidade que mais publicou nestes periódicos foi a Não-Metais e Seus Compostos com média de 3 artigos/bolsista. A Físico-Química foi a subárea que mais publicou na faixa de $5 \leq FI < 6$, com 1,2 artigos/bolsista e a Especialidade com maior média de publicação foi a “Especialidade”-Físico-Química com 1,8 artigos/bolsista. Na faixa $4 \leq FI < 5$, as subáreas que mais publicaram foram a Química Analítica e a Físico-Química e as Especialidades mais produtivas foram, respectivamente, a Separação com média 5,2 artigos/bolsista e a Termodinâmica Química e a Eletroquímica, essas últimas com média de 7 artigos/bolsista.

Tabela 2. Produtividade relacionada aos artigos publicados pelos bolsistas PQ da Química por faixa de fator de impacto dos periódicos

Especialidade da Química	Artigos por Faixa de Fator de Impacto (FI)								
	$FI \geq 6$	$5 \leq FI < 6$	$4 \leq FI < 5$	$3 \leq FI < 4$	$2 \leq FI < 3$	$1 \leq FI < 2$	$0,5 \leq FI < 1$	$0 < FI < 0,5$	$FI = 0$
Química (727)	541	672	2363	6787	8082	8460	3775	1178	3839
<i>Química Analítica (170)</i>									
Análise de Traços e Química Ambiental (38)	5	20	120	437	317	319	193	27	200
Eletroanalítica (21)	5	25	96	339	283	225	99	19	98
Instrumentação Analítica (7)	3	12	23	97	36	59	33	7	21
Métodos Óticos de Análise (8)	0	2	19	97	64	69	35	7	37
Química Analítica (77)	17	73	350	1010	605	894	416	75	545
Separação (19)	2	2	100	86	100	158	98	35	137
<i>Físico-Química (180)</i>									
Cinética Química e Catálise (20)	31	25	49	228	163	99	62	35	83
Eletroquímica (32)	13	40	226	368	312	281	147	35	181
Espectroscopia (15)	28	13	35	125	141	128	29	11	82
Físico-Química (38)	61	70	175	365	409	492	112	35	186
Química de Interfaces (12)	9	9	55	112	119	99	36	16	39
Química do Estado Condensado (21)	16	26	39	127	182	249	83	93	104
Química Teórica (41)	26	42	119	249	443	633	122	7	146
Termodinâmica Química (1)	0	0	7	12	13	28	9	0	0
<i>Química Inorgânica (127)</i>									
Compostos de Coordenação (15)	10	4	20	87	122	203	49	46	54
Compostos Organo-Metálicos (4)	2	2	7	32	60	64	12	4	1
Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos (2)	0	0	3	10	43	49	14	15	1
Físico-Química Inorgânica (24)	41	32	89	239	307	296	109	41	128
Fotoquímica Inorgânica (2)	5	0	4	2	7	10	2	2	4
Não-Metais e Seus Compostos (1)	3	3	1	19	49	48	7	2	4
Química Bio-Inorgânica (31)	19	13	81	224	233	304	73	19	88
Química Inorgânica (8)	63	61	140	372	575	543	136	48	302
<i>Química Orgânica (250)</i>									
Estrutura, Conformação e Estereoquímica (8)	8	2	10	41	96	162	46	85	26
Evolução, Sistemática e Ecologia Química (1)	0	1	0	3	19	11	10	0	2
Físico-Química Orgânica (19)	24	36	100	143	235	239	61	12	82
Fotoquímica Orgânica (6)	2	4	6	34	96	59	10	1	19
Polímeros e Colóides (19)	15	25	32	147	185	233	95	13	82
Química dos Produtos Naturais (89)	17	14	167	897	931	1225	1018	248	685
Química Orgânica (55)	51	55	211	521	934	686	390	126	331
Síntese Orgânica (53)	65	61	79	364	1003	595	269	114	171

^aOs artigos referem-se ao período de 2003 a março de 2013. ^b Na coluna Especialidade, os dados entre parênteses são o número de bolsistas da Especialidade.

Artigos publicados por ano nas Especialidades da Química

Na análise da produtividade científica dos bolsistas PQ da Química, no quesito número de artigos por ano, escolheu-se uma apreciação mais focada na mediana, por esta ser uma medida robusta, insensível a valores extremos (*outliers*) e, por isso, expressar melhor o comportamento produtivo da maioria dos bolsistas.

Na Figura 2 são apresentados os *boxplots* referentes ao número de artigos publicados por ano, no período de 10 anos, de acordo com a Especialidade da Química. Os dados apresentam a mediana, o intervalo interquartil (IQ), os *outliers* e a linha de conexão dos valores das médias.

Verificou-se que as Especialidades de Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos, Não-Metais e Seus Compostos e Termodinâmica Química possuíam valores de mediana e média bem elevados, o que destacou a boa produtividade individual de seus bolsistas.

Na análise do número de artigos por ano nas subáreas, verificou-se que na Química Analítica, a Especialidade mais produtiva era a Instrumentação Analítica com mediana de 4,8 artigos/ano, mas a Especialidade com perfil mais homogêneo de produtividade entre seus bolsistas era a Separação.

Na Físico-Química, a Especialidade mais produtiva era a Eletroquímica com mediana de 5,1 artigos/ano, mas a Especialidade com perfil mais homogêneo de produtividade entre seus bolsistas era a Química de Interfaces.

Na Química Inorgânica, a Especialidade mais produtiva, em número de artigos, era a Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos, com mediana de 6,6 artigos/ano, mas a Especialidade com perfil mais homogêneo de produtividade entre seus bolsistas era a Fotoquímica Inorgânica.

Na Química Orgânica, a Especialidade mais produtiva era a Físico-Química Orgânica com mediana 4,8 artigos/ano, mas a Especialidade com perfil mais homogêneo de produtividade entre seus bolsistas era a Fotoquímica Orgânica.

Em quase todas as Especialidades o valor da média era superior ao valor da mediana, pois bolsistas muito produtivos favoreciam a elevação da média. Excepcionalmente, nas Especialidades Instrumentação Analítica e Eletroquímica, existiam bolsistas com produtividade bem menor que a dos demais, o que deslocou a média para valores abaixo das respectivas medianas.

Na análise do número de artigos publicados, nos 10 anos estudados, por categoria de bolsa PQ (dados não mostrados) a Especialidade no nível PQ-1A com maior produtividade era a Química de Produtos Naturais com mediana de 16,5 artigos/ano e a menos produtiva era a Espectroscopia com mediana 2,7 artigos/ano. No nível PQ-1B, a mais produtiva era a Estrutura, Conformação e Estereoquímica com mediana de 11,9 artigos/ano e a menos produtiva era a Química Teórica com mediana 4,1 artigos/ano. No nível PQ-1C, a mais produtiva era a “Especialidade”-Química Orgânica com mediana 10,2 artigos/ano e a menos produtiva era a Química Bioinorgânica com mediana 2,8 artigos/ano. No nível PQ-1D, a mais produtiva era a Físico-Química Orgânica com mediana de 7,8 artigos/ano e a menos produtiva era a Química Teórica com mediana 3,5 artigos/ano. No nível PQ-2, a mais produtiva era a Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos com mediana de 7,6 artigos/ano e a menos produtiva era a Fotoquímica Inorgânica com mediana 1,7 artigos/ano. No nível PQ-SR, a mais produtiva era a Química de Produtos Naturais com mediana de 15,3 artigos/ano e a menos produtiva era a Físico-Química Orgânica com mediana 2,3 artigos/ano.

Entre todos os bolsistas PQ da área de Química, os dois pesquisadores com os maiores números de artigos publicados, em 10 anos, da área de Química, foram um pesquisador da “Especialidade”-Química Orgânica com 334 artigos e uma pesquisadora da Química de Produtos Naturais com 218 artigos.

Somatório dos fatores de impacto

Um outro critério utilizado pelo CA-QU nos julgamentos de bolsa é a análise do Somatório dos Fatores de Impacto dos periódicos (SFI)

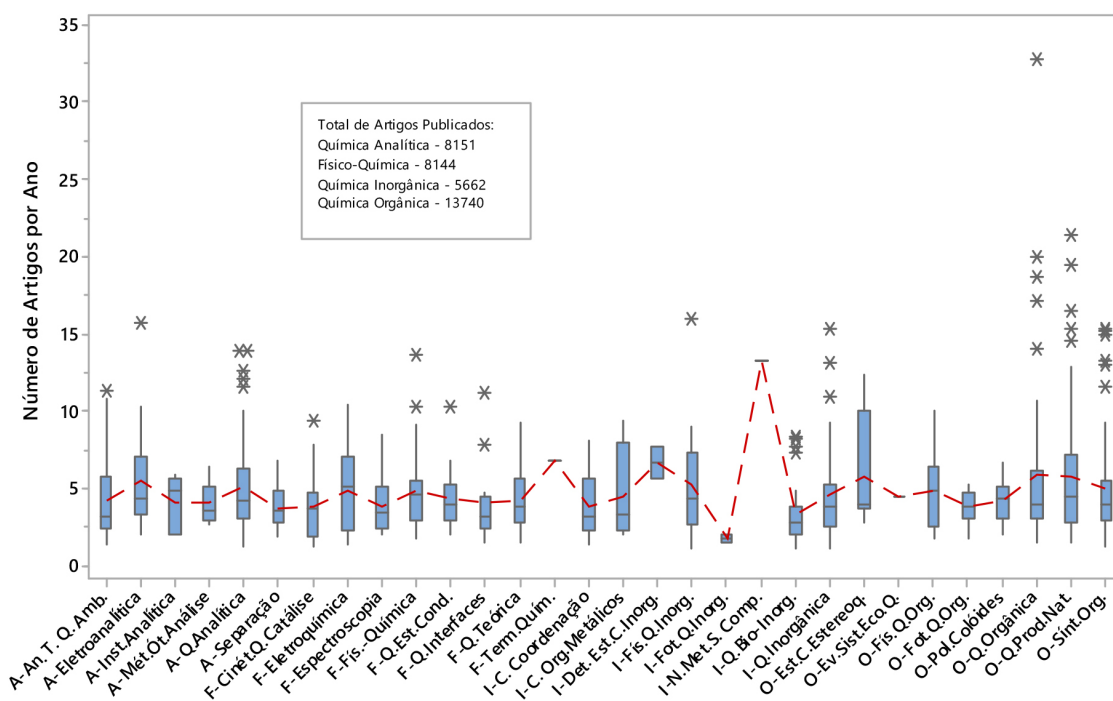


Figura 2. Número de artigos publicados por ano, referente ao período de 2003 a março de 2013, em cada Especialidade da Química. Os boxplots contém a informação da mediana, intervalo interquartil, outliers (asteriscos). A linha tracejada é a conexão das médias de cada Especialidade da Química. Antecedendo o nome da Especialidade estão as siglas das subáreas: A (Química Analítica), F (Físico-Química), I (Química Inorgânica) e O (Química Orgânica)

em que o pesquisador publicou, no período.

Na análise da média do ΣFI das revistas em cada Especialidade no período de 10 anos, verificou-se que as Especialidades com os maiores valores de média de ΣFI eram a Eletroanalítica com média de 145,1 (DP=95,6) e a “Especialidade- Química Orgânica com 135,3 (DP=162,9).

O CA-QU em seus critérios 2012-2014,¹⁰ e mantido para 2015-2017,¹¹ estabeleceu que o valor mínimo de ΣFI para os pesquisadores PQ-1 deveria ser igual a 40, em um período de 10 anos de produtividade, e para os bolsistas PQ-2, o valor mínimo igual a 10, em 05 anos de produtividade. Na apreciação dos valores mínimos de ΣFI em cada uma das Especialidades da Química (dados não mostrados), verificou-se que três pesquisadores PQ-1D não atingiram esse critério mínimo, sendo estes das Especialidades Química de Produtos Naturais com $\Sigma FI=23,1$, Espectroscopia com $\Sigma FI=29,1$ e Análise de Traços e Química Ambiental com $\Sigma FI=39,3$. Em todas as demais Especialidades da Química, o ΣFI era superior a 43,8 para os bolsistas da categoria PQ-1. Esta mesma análise, para os bolsistas da categoria PQ-2, revelou que o menor valor de ΣFI nesta categoria, considerando-se 10 anos de produtividade, era igual a 23,6 e se referia a um bolsista da Especialidade Cinética Química e Catálise.

Na averiguação da produtividade dos bolsistas PQ-2 no período de 5 anos, conforme o critério do CA-QU, foi verificado que 5 bolsistas PQ-2 não possuíam o mínimo estabelecido pelo comitê, sendo 3 da Química Inorgânica, 1 da Físico-Química e 1 da Química Analítica. Esta distorção no cumprimento dos critérios foi corrigido pelo próprio CA-QU em abril de 2013, quando o CNPq convocou os comitês para a reunião de Reclassificação Geral dos Bolsistas PQ. Naquela ocasião o CA-QU alertou os bolsistas da produtividade insuficiente e em 2014 nenhum destes oito pesquisadores permaneceu como bolsista PQ.

A Figura 3 apresenta a comparação entre as médias do ΣFI dos artigos (3A) e as médias da razão ΣFI /artigo (3B) nas categorias de bolsa PQ, das Especialidades da Química.

Na análise do Gráfico 3A, verificou-se que os níveis de bolsa mais elevados possuíam, na maioria das Especialidades, os maiores valores de ΣFI e que a Eletroanalítica apresentava os maiores valores médios nos níveis PQ-1A, PQ-1B e PQ-1C. Em algumas Especialidades houve uma inversão da ordem natural esperada, com categorias de bolsa inferiores com valores maiores de média de ΣFI . Isto foi observado na subárea de Química Analítica nas Especialidades Análise de Traço e Química Ambiental, que em média os bolsistas PQ-1C apresentavam valores maiores de ΣFI que os bolsistas PQ-1B e na “Especialidade-Química Analítica, que bolsistas PQ-1B e PQ-1C apresentavam maiores valores de ΣFI que os bolsistas PQ-1A. Na subárea de Físico-Química essa inversão foi observada nas Especialidades Cinética Química e Catálise, em que o nível PQ-1A apresentou a média de ΣFI menor que os níveis PQ-1B e PQ-1D e este último nível apresentou o valor de média maior que PQ-1C; na Espectroscopia, que o nível PQ-1A tinha valor médio de ΣFI menor que PQ-1C e PQ-2; na Química do Estado Condensado, em que o nível PQ-1C tinha valor de ΣFI menor que os níveis PQ-1D e PQ-2 e na Química Teórica, que em relação à média de ΣFI , PQ-1C estava empatado com PQ-1A e acima de PQ-1B, PQ-1D e PQ-2, que também estavam empatados. Na subárea de Química Inorgânica as inversões ocorreram nas Especialidades de Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos, na qual a média de ΣFI de PQ-2 tinha valor maior que a dos bolsistas PQ-1D; na Química Bio-Inorgânica, que a média de ΣFI de PQ-1D era maior que a de PQ-1C; na “Especialidade”-Química Inorgânica que a média de ΣFI de PQ-1B era maior que PQ-1A. Na subárea de Química Orgânica esse fenômeno se observou na Fotoquímica Orgânica, que em relação à média de ΣFI , o nível PQ-1C estava praticamente empatado com PQ-2 e em valor menor que PQ-1D; na Físico-Química Orgânica que a média de ΣFI de PQ-1D tinha valor maior que a de PQ-1C; na Polímeros e Colóides que o nível PQ-1B tinha valor de média de ΣFI menor que de PQ-1C e PQ-1D;

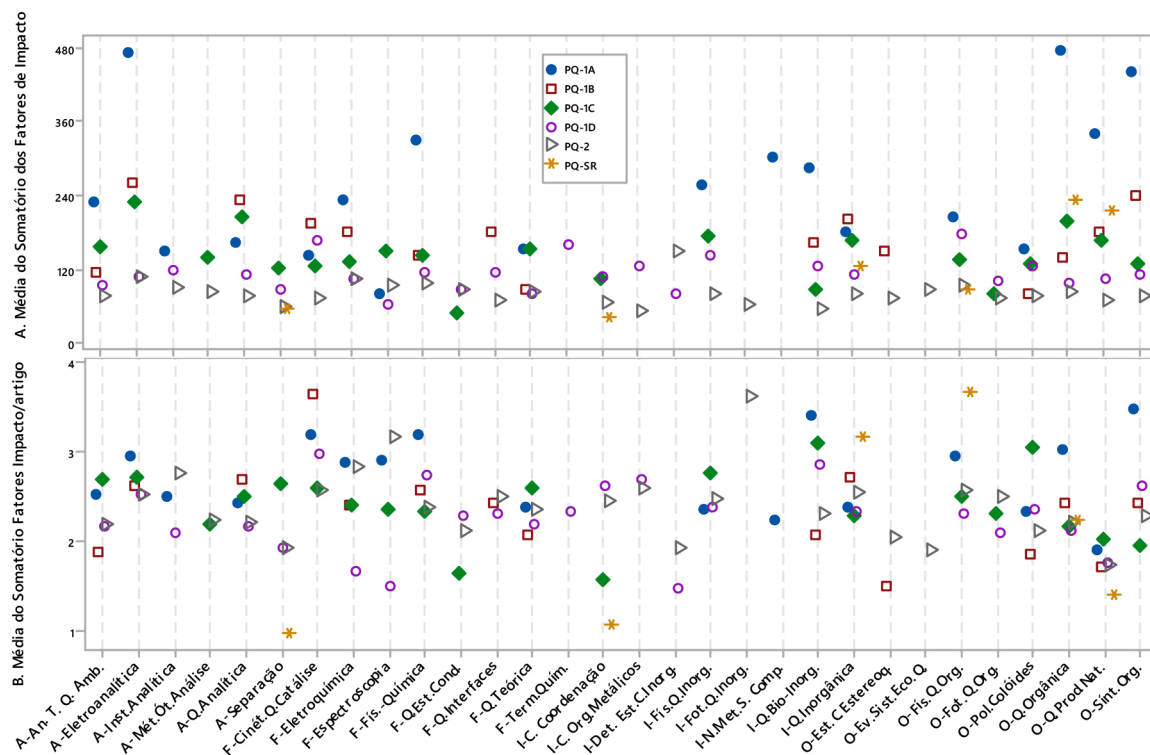


Figura 3. Comparativo entre o somatório dos fatores de impacto dos periódicos (3A) e a razão somatório de fator de impacto pelo número de artigos publicados (3B), referentes ao período de 2003 a 2013, em cada Especialidade por categoria/nível de bolsa. Antecedendo o nome da Especialidade estão as siglas das subáreas: A (Química Analítica), F (Físico-Química), I (Química Inorgânica) e O (Química Orgânica)

e na “Especialidade”-Química Orgânica que PQ-1B tinha valor de média de ΣFI menor que a de PQ-1C.

Em análise do Gráfico 3B, observou-se que algumas inversões foram repetidas quando a média de ΣFI /artigo era comparada. Para uma determinada Especialidade a média de ΣFI estava coerente com o nível, mas se a média de ΣFI /artigo estava invertida em relação aos níveis, atribuiu-se ao fato dos bolsistas daquele nível mais elevado terem publicado mais que os de níveis mais baixos, mas em revistas de menor FI. Isto foi observado, por exemplo, no nível PQ-1A da Especialidade Química de Produtos Naturais.

A situação inversa, baixa média de ΣFI , mas alta média de ΣFI /artigo, indicou que o grupo daquele nível publicava menos que os outros demais níveis, mas em revistas de maior FI. Isto se observou, por exemplo, nos PQ-2 da Especialidade Fotoquímica Inorgânica.

Entretanto, na Especialidade que o nível de bolsa PQ mais elevado apresentava tanto a média de ΣFI quanto a média de ΣFI /artigo com valores menores, isto significava que, não apenas os pesquisadores daquele nível publicaram menos, mas também em periódicos de menor FI. A análise destes dados indicou que existiam pesquisadores menos produtivos que seus pares na mesma Especialidade, mas classificados em nível mais elevados que esses. Isto se observou, por exemplo no nível PQ-1A da “Especialidade”-Química Analítica, no nível PQ-1B de Polímeros e Colóides e no nível PQ-1C de Química do Estado Condensado.

Índice H

Um outro indicador de produtividade utilizado pelo CA-QU e considerado um sinalizador da relevância da produção científica do pesquisador é o índice de Hirsch,²³ conhecido por índice H. O valor de índice H utilizado no estudo foi o valor informado pelo pesquisador no currículo Lattes e obtido na base ISI Web of Knowledge.

Na análise deste indicador em cada subárea, constatou-se que havia um decréscimo no valor de média e mediana do índice H entre os níveis PQ-1A, PQ-1B, PQ-1C, PQ-1D e PQ-2, obedecendo a ordem decrescente na hierarquia das categorias de bolsa.

A análise do índice H nas subáreas (dados não mostrados) revelou que na Química Analítica a média e a mediana de índice H, em ordem decrescente, nos níveis de bolsa eram: no nível PQ-1A com média de 31,5 (DP=10,4) e mediana de 33,5 (IQ=21,7-38,2); no nível PQ-1B com média de 25,5 (DP=3,3) e mediana de 27 (IQ=24-28); no nível PQ-1C com média de 19,8 (DP=3,7) e mediana de 19 (IQ=17-22); no nível PQ-SR com média 16,5 (DP=3,5) e mediana de 16,5 (IQ=0); no nível PQ-1D com média de 15,8 (DP=3,7) e mediana de 15 (IQ=12,5-18); e no nível PQ-2 com média de 11,3 (DP=4) e mediana de 11 (IQ=8-14).

Na Físico-Química, os valores de média e mediana de índice H eram: no nível PQ-1A com média de 30,6 (DP=9) e mediana de 26 (IQ=24-35,5); no nível PQ-1B com média de 20,5 (DP=3,2) e mediana de 21 (IQ=18,5-22); no nível PQ-1C com média de 19 (DP=2,5) e mediana de 19 (IQ=18-21); no nível PQ-1D com média de 15,9 (DP=3,7) e mediana de 15 (IQ=14-17,5); e no nível PQ-2 com média de 12,5 (DP=3,9) e mediana de 12 (IQ=9-15,5).

Na Química Inorgânica, os valores de média e mediana de índice H eram: no nível PQ-SR com média de 31 (DP=0,0) e mediana de 31 (IQ=0); no nível PQ-1A com média de 27,4 (DP=5,4) e mediana de 27 (IQ=22-32); no nível PQ-1B com média de 22,2 (DP=4,5) e mediana de 24 (IQ=18,7-27); no nível PQ-1C com média de 20 (DP=3,6) e mediana de 19,5 (IQ=15-21); no nível PQ-1D com média de 16 (DP=3) e mediana de 16 (IQ=13-19); e no nível PQ-2 com média de 10,4 (DP=3,6) e mediana de 10 (IQ=8-12).

Na Química Orgânica, os valores de média e mediana de índice H eram: no nível PQ-1A com média de 30,1 (DP=6,3) e mediana de

31 (IQ=22,7-35,7); no nível PQ-1B com média de 21,7 (DP=4,4) e mediana de 22 (IQ=20-23); no nível PQ-SR com média de 24 (DP=10,1) e mediana de 26 (IQ=13-33); no nível PQ-1C com média de 18,1 (DP=5,2) e mediana de 18 (IQ=15,7-22); no nível PQ-1D com média de 15,4 (DP=2,6) e mediana de 15 (IQ=13-18); e no nível PQ-2 com média de 10,6 (DP=3,5) e mediana de 10 (IQ=8-13).

Os valores de média e mediana do índice H, nas subáreas e nas Especialidades da Química, foram muito semelhantes, o que demonstrou que existiam poucos valores de índice H atípicos e, por isso, optou-se pela discussão dos dados utilizando a média dos valores de índice H.

A Figura 4 apresenta a média dos valores de índice H de acordo com a Especialidade e nível de bolsa PQ.

Verificou-se que os valores de média de índice H eram muito diferentes dentro de cada subárea, quando se considerava a Especialidade e as categorias de bolsa.

Na análise das subáreas, verificou-se que, na Química Analítica, eram os bolsistas PQ-1A e PQ-1B da Análise de Traços e Química Ambiental e da Eletroanalítica que elevaram a média destes níveis na subárea. Na Físico-Química, para estes mesmos níveis, as Especialidades que elevaram a média do índice H foram a Eletroquímica e a “Especialidade”-Físico-Química. Na Química Inorgânica, as Especialidades responsáveis pela elevação da média foram a Não-Metais e Seus compostos e a Química Bio-Inorgânica. Na Química Orgânica as Especialidades que elevaram as médias nos níveis PQ-1A e PQ-1B foram a de Polímeros e Colóides e a de Síntese Orgânica.

Na análise dos menores valores de média de índice H, verificou-se que a Química de Produtos Naturais possuía o menor valor médio de índice H entre os bolsistas PQ-1A, a Química Teórica possuía a menor média entre os bolsistas PQ-1B, a Físico-química Orgânica entre os bolsistas PQ-1C e a Determinação Estrutural de Compostos Inorgânicos entre os bolsistas PQ-1D. Portanto, essas Especialidades deslocaram as médias de índice H para valores mais baixos, nos respectivos níveis de bolsa PQ.

Já entre os bolsistas PQ-2 a maior média de índice H era da Eletroquímica e a menor média era da Fotoquímica Inorgânica.

Em quase todas as Especialidades, a ordem de média de índice H acompanhava a ordem de hierarquização dos níveis de bolsas, exceto nas Especialidades Química do Estado Condensado, que a média no nível PQ-1D foi superior às médias dos níveis PQ-1B e PQ-1C, e nas Especialidades Química Teórica e “Especialidade”- Química Orgânica em que as médias no nível PQ-1C foram maiores que as médias no PQ-1B.

Entre os pesquisadores da categoria PQ-1 a menor média de índice H era da Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos com valor igual a 13 e entre os pesquisadores da categoria PQ-2, o menor valor de média era 8,5 e estava na Especialidade Fotoquímica Inorgânica.

Na apreciação da média de índice H nas subáreas da Química por ANOVA com um fator ($\alpha=0,05$) verificou-se que todas as 4 subáreas possuíam médias de índice H compatíveis com a média geral da Química (H=14,6). Na apreciação por Especialidades, verificou-se que todas as Especialidades da Química possuíam valores de média, estatisticamente, semelhantes à média geral da área de Química, exceto a Especialidade de Química de Produtos Naturais que possuía média considerada inferior à média geral da área.

Este resultado diferenciado, sobre a média do índice H da Especialidade de Química de Produtos Naturais, sugere a necessidade de estudos adicionais que esclareçam se esta situação é uma peculiaridade da Especialidade no mundo ou da Química de Produtos Naturais brasileira.

No estudo publicado em 2010¹ foi apresentado um gráfico relacionando o índice H e a idade científica do pesquisador para

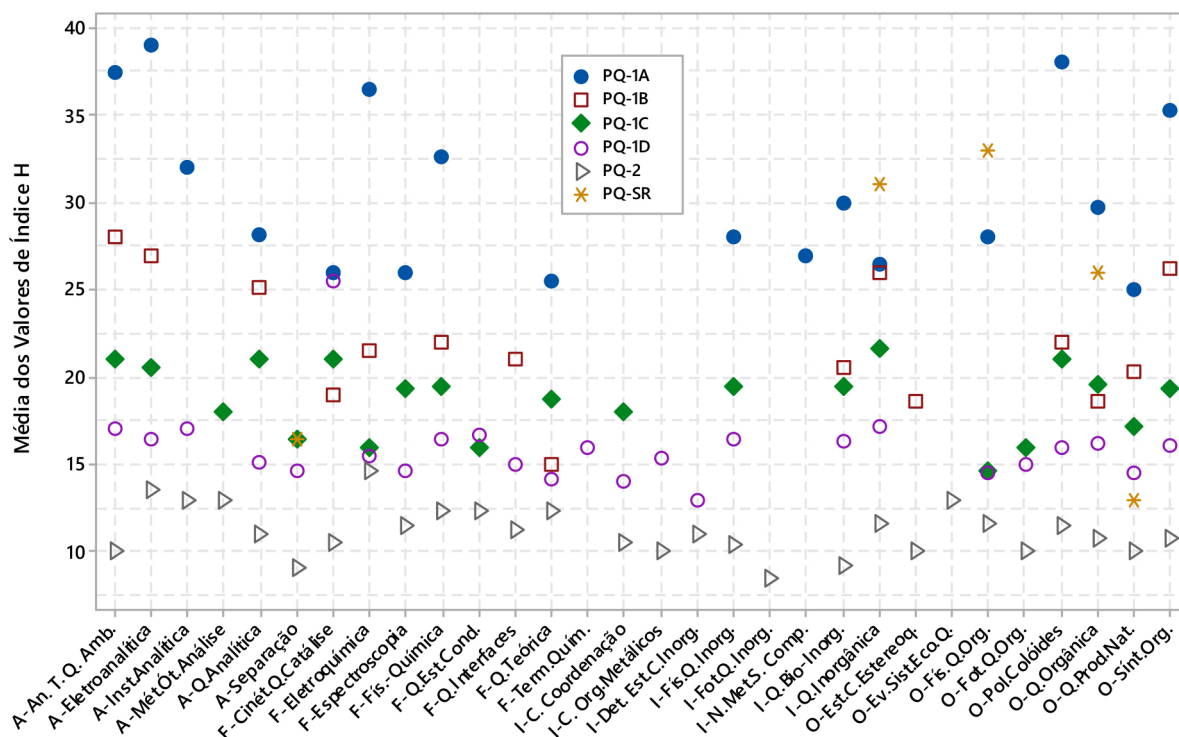


Figura 4. Média dos valores de índice H nas Especialidades da Química e nas categorias de bolsa

verificação do índice m ($m=h/t_{pub}$) e também foi informado que o índice m , de acordo com Hirsch,²³ avalia o sucesso da carreira científica do pesquisador pelo tempo transcorrido desde a publicação de seu primeiro artigo científico (t_{pub}). Para Hirsch, um índice $m \sim 1$ caracteriza um pesquisador bem sucedido, segundo os padrões do grupo estudado. Índices $m \sim 2$ caracterizam pesquisadores fora do comum encontrados apenas nas melhores universidades e índice $m \sim 3$ ou maiores caracterizam indivíduos realmente únicos. Também foi destacado, no artigo de 2010, que são necessárias considerações sobre as avaliações da produtividade de pesquisadores com relação ao índice H, principalmente no que tange às especificidades da subárea de atuação do pesquisador.

A Figura 5 apresenta a relação do índice H e a idade científica nos níveis, dentro de cada subárea. A linha tracejada representa o índice $m=1$ de Hirsch e a linha contínua representa o índice m calculado e ajustado para cada subárea, a partir dos valores de índice m dos bolsistas PQ da subárea.

Os valores de índice m de Hirsch foram baseados nos índices H de pesquisadores norte-americanos da área de Física e esses tinham padrões de publicação e citação bem diferentes dos pesquisadores brasileiros da área de Química. Devido a esta questão, foi feita a apreciação do universo de valores de índice H dos pesquisadores da área de Química pela idade científica e registrada a reta de regressão, para a atribuição de um índice mais coerente com a realidade brasileira da área. Na análise de todos os bolsistas PQ do Programa Básico de Química, o valor de m obtido para a área de Química foi $m=0,62$. Baseado neste índice, contextualizado à área de Química, verificou-se que 56% dos bolsistas PQ possuíam valores de índice $m \geq 0,62$ e, portanto, estavam acima da média em relação aos seus pares.

Conforme as análises anteriores sobre o índice H, verificou-se que o índice m possuía valores diferentes para cada subárea. A Química Analítica era a subárea que possuía o maior valor com índice $m=0,67$ e a Química Orgânica era a que possuía o menor valor com índice $m=0,58$.

O índice m não é utilizado pelo CA-QU nos julgamentos de bolsa PQ, mas guardados os devidos cuidados de análise e de fatores

interferentes, é um indicador que pode revelar o ritmo de ascensão da produtividade científica de um pesquisador individual ou, em outro sentido, o grau de interesse produzido pela pesquisa desenvolvida.

Dentre os bolsistas PQ da Química, apenas 5 possuíam índice m maior ou igual a 2,0, sendo que 2 bolsistas eram da categoria PQ-1A (1 da Físico-Química e 1 da Química Orgânica) e 3 da categoria PQ-2 (1 da Química Inorgânica, 1 da Química Analítica e 1 da Química Orgânica).

Em março de 2009, o maior valor de índice m da Química era $m=1,82$ de um pesquisador PQ-1A da Físico-Química. Em março de 2013, este mesmo pesquisador possuía o terceiro maior valor deste índice com $m=2,0$ e o pesquisador com o maior valor de índice m era um bolsista PQ-2 da Química Inorgânica com índice m igual a 2,5.

Em 2013, o universo de bolsistas PQ que possuíam índice m com valores entre 1,00 e 1,99 era de 135 pesquisadores, destes, 84 eram bolsistas PQ-2, 11 eram PQ-1A, 8 eram PQ-1B, 12 eram PQ-1C e 20 eram PQ-1D.

Formação de recursos humanos

Um outro critério estabelecido pelo CA-QU diz respeito à capacidade de formação de recursos humanos qualificados. Para tal critério, o CA-QU adota um cálculo chamado de índice de orientação (IO) que se baseia no número de orientações concluídas de Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado.

A Figura 6 apresenta as médias do número de orientações concluídas de Iniciação Científica, de Mestrado, de Doutorado e a média do índice de orientação (IO) obtidos em cada nível de bolsa PQ da subárea.

Na análise dos Gráficos 6A e 6B, verificou-se que em todos os níveis da categoria PQ-1, a Química Analítica possuía os maiores valores de média de orientação de Mestrado e/ou de Doutorado, tendo no nível PQ-1A a maior média de orientação de Doutorado com 14,1 orientações/bolsista, no nível PQ-1B a maior média de orientações de Mestrado com 11,8 orientações/bolsista e de Doutorado com 11,0 orientações/bolsista, no nível PQ-1C a maior média de orientações

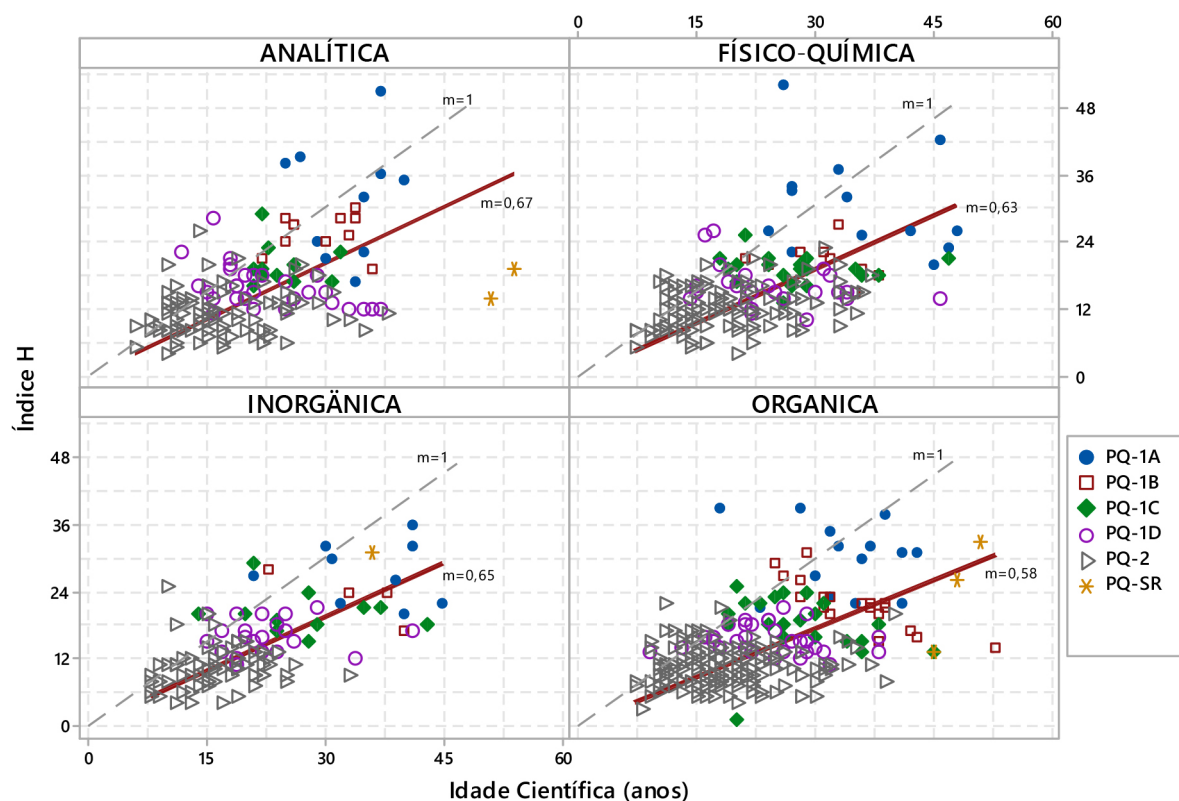


Figura 5. Índice H dos bolsistas por nível em cada subárea da Química com o avanço da Idade Científica. A linha tracejada refere-se ao índice m e a linha contínua refere-se à reta de regressão. Os valores de Índice H foram calculados a partir da base ISI Web of Knowledge pelos próprios pesquisadores e informados em seus currículos Lattes

de Mestrado com 10,2 orientações/bolsista e de Doutorado com 9 orientações/bolsista e no nível PQ-1D a maior média de orientação de Mestrado com 9,2 orientações/bolsista e de Doutorado com 5,4 orientações/bolsista.

Em relação à orientação de alunos de iniciação científica, Gráfico 6C, verificou-se que a Físico-Química era a subárea que mais orientou alunos de iniciação científica com média de 14,6 orientações/bolsista no nível PQ-1B. A Química Orgânica era a subárea que mais orientou alunos de iniciação científica nos níveis PQ-2 e PQ-1A, com médias de 13,2 e 12,4 orientações/bolsista, respectivamente, e empatou com a Química Inorgânica no nível PQ-1D, com 12,6 orientações/bolsista e a Química Analítica orientou mais alunos de iniciação científica no nível PQ-1C com média de 11,8 orientações/bolsista.

Na análise do Gráfico 6D com os valores obtidos do cálculo estabelecido no critério de julgamento do CA-QU, chamado de índice de orientação (IO), a Química Analítica era a subárea com maior valor médio de IO nos níveis PQ-1B, PQ-1C e PQ-1D. A Química Orgânica possuía os maiores valores médios de IO no nível PQ-1A. Na categoria PQ-SR era a Química Inorgânica a subárea com o maior valor médio de IO.

Na análise do critério qualificação de recursos humanos, nos níveis de bolsa PQ, da área de Química (dados não mostrados) verificou-se que a média geral nos níveis para o IO era: PQ-1A com valor 51,3 orientações/bolsista, PQ-1B com 48,0 orientações/bolsista, PQ-1C com 37,6 orientações/bolsista, PQ-1D com 32,3 orientações/bolsista, PQ-2 com 20,3 orientações/bolsista e PQ-SR com 22,8 orientações/bolsista.

Apesar dos critérios de julgamento constantes na página do CNPq se referirem aos últimos 5 anos para o nível PQ-2, verificou-se que a média do IO, em 10 anos de produtividade, era superior a 10,3

orientações em todas as subáreas. Este valor de média de IO era superior ao mínimo exigido para ingressar no nível PQ-1, de acordo com os critérios em vigor.

Para o triênio de 2015-2017 o CA-QU estabeleceu um novo cálculo do valor de IO. Neste novo IO o fator orientação de iniciação científica não foi mais considerado para efeito de cálculo.

Patente

Um outro indicador, relacionado nos critérios de Julgamento do CA-QU, que aponta para um maior envolvimento em inovação, é o que trata do número de depósito de pedidos de patentes. A Plataforma Lattes, no entanto, não diferencia o depósito de patente da carta patente. Segundo definição do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual-INPI,²⁴ patente é um privilégio concedido pelo Estado ao inventor, é um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade. O depósito de pedido de patente é uma “expectativa de direito” que somente se confirmará caso venha a ser obtida a carta patente, que significa que houve o deferimento do pedido após o exame técnico.

A Química possuía 934 depósitos de pedido de patentes, no período estudado. A subárea com maior número bruto de depósitos era a Química Orgânica, no entanto, a que possuía a maior média de depósitos por bolsista era a Química Inorgânica com 2,0 depósitos/bolsista.

Neste quesito, depósito de pedido de patentes, a Química Inorgânica era destacada em todos os níveis da categoria PQ-1 por possuir as maiores médias; no nível PQ-1B com média de 6,7 depósitos/bolsista, no nível PQ-1A com média 4,7 depósitos/bolsista, no nível PQ-1D com média 3,7 depósitos/bolsista e no nível PQ-1C com média 3,3 depósitos/bolsista.

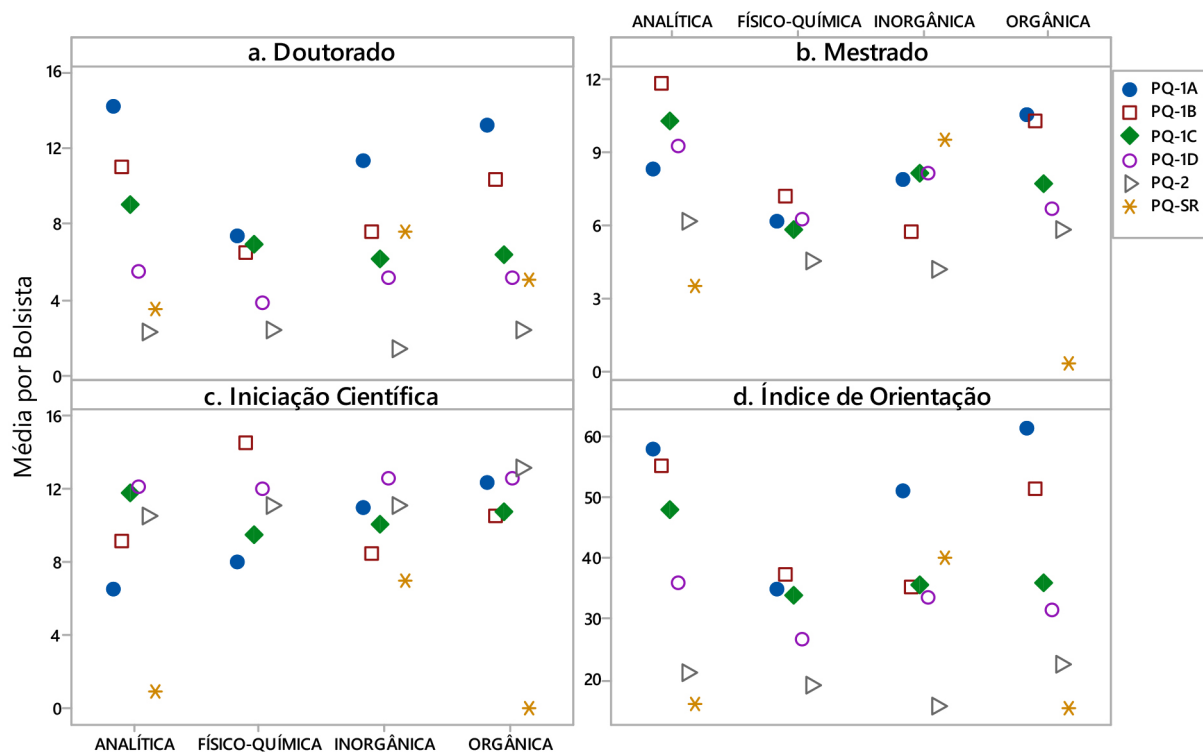


Figura 6. Formação de recursos humanos, sob orientação dos bolsistas PQ, por categoria de bolsa e nas subáreas: A. Orientação de Doutorado; B. Orientação de Mestrado; C. Orientação de Iniciação Científica; D. Índice de Orientação (IO). O IO se refere à equação do cálculo determinado nos critérios de julgamento de bolsa PQ estabelecidos pelo Comitê Assessor de Química no triênio 2012-2014¹⁰

Na Figura 7 são apresentados os *boxplots* referentes ao número de depósito de pedido de patente, no período de 2003 a março de 2013, de acordo com a Especialidade da Química. Verificou-se que 13 Especialidades da Química possuíam menos de 10 depósitos de pedido de patentes no período de 10 anos, ou seja, menos de 1 depósito/ano por Especialidade, o que correspondia a 32,1% de todos os bolsistas PQ. Verificou-se, também, que 64,9% dos bolsistas PQ não possuíam sequer um depósito de pedido de patente neste período de 10 anos. Esses dados indicaram o baixo interesse dos pesquisadores da Química pelo registro de patentes, apesar de ser esta uma área com considerável viés de inovação e o CA-QU já ter estabelecido este indicador entre seus critérios de julgamento desde 2009.

Em contraposição a este número baixo de depósitos de pedido de patentes, a maioria das Especialidades possuíam *outliers* e entre estes mereceram destaque um pesquisador da Físico-Química Inorgânica e uma pesquisadora da Espectroscopia, com 39 e 26 depósitos de pedido de patente, respectivamente. Entre as Especialidades da Química, a que possuía um caráter de inovação mais acentuado era a Compostos Organo-Metálicos com mediana de 4,5 depósitos/bolsista.

Livros, capítulos de livros, organização de eventos e participação em corpo editorial

Na análise de outros indicadores de produtividade que diferenciam os bolsistas frente aos seus pares e expressam outras qualificações, estão relacionados os indicadores relativos à produção de livros e capítulos de livros, organização de eventos, atuação como membro de corpo editorial e produção de material relacionado à Educação e Popularização da Ciência e Tecnologia (dados não mostrados).

Verificou-se que a Química, como um todo, era bastante incipiente no que se referia à publicação de livros, uma vez que em um período de 10 anos, os 727 bolsistas PQ publicaram apenas 248 livros. A Química Inorgânica era a subárea que tinha a maior média

de publicação, com 1,9 livros/bolsista no nível PQ-1D. Com relação à publicação de capítulos de livros, a participação das subáreas era mais pronunciada, com 1250 capítulos de livros publicados. A maior média neste item estava no nível PQ-1A da Química Orgânica com valor de 4,7 capítulos/bolsista.

Quanto à organização de eventos, os bolsistas PQ-1C da Química Analítica eram mais atuantes, com média de 8,0 organizações/bolsista, seguidos pelos PQ-1C da Química Orgânica, com média de 6,7 organizações/bolsista.

Na participação como membros de corpo editorial de periódicos, a Química Analítica possuía as maiores médias da Química, com 2,3 participações/bolsista nos níveis PQ-1B e PQ-1A. Já nas produções relacionadas à Popularização da Ciência e Tecnologia, o destaque eram os bolsistas PQ-1D da Química Analítica, com média 4,3 produções/bolsista e os PQ-1D da Físico-Química com média de 4,0 produções/bolsista.

CONCLUSÃO

Em 2013, o número de bolsistas PQ da área de Química havia crescido 20,3% em relação ao estudo de 2010. A área possuía uma considerável diversidade de características quando observado o perfil de produtividade científica de suas subáreas e de suas Especialidades. Todavia, ressaltou-se que a análise das Especialidades deveria ser vista com cuidado, uma vez que em alguns casos a análise foi baseada em número reduzido de bolsistas.

Os bolsistas PQ da Química publicaram menos nas faixas de fator de impacto acima de 5 e publicaram mais em revistas de baixo fator de impacto ($0 \leq FI < 1,0$), o que não desqualifica a produtividade da área.

A Química Inorgânica era a subárea que possuía a maior participação relativa feminina em todos os níveis de bolsa PQ e a que mais se destacou em inovação, com as maiores médias de depósitos de pedido de patente em todos os níveis da categoria PQ-1.

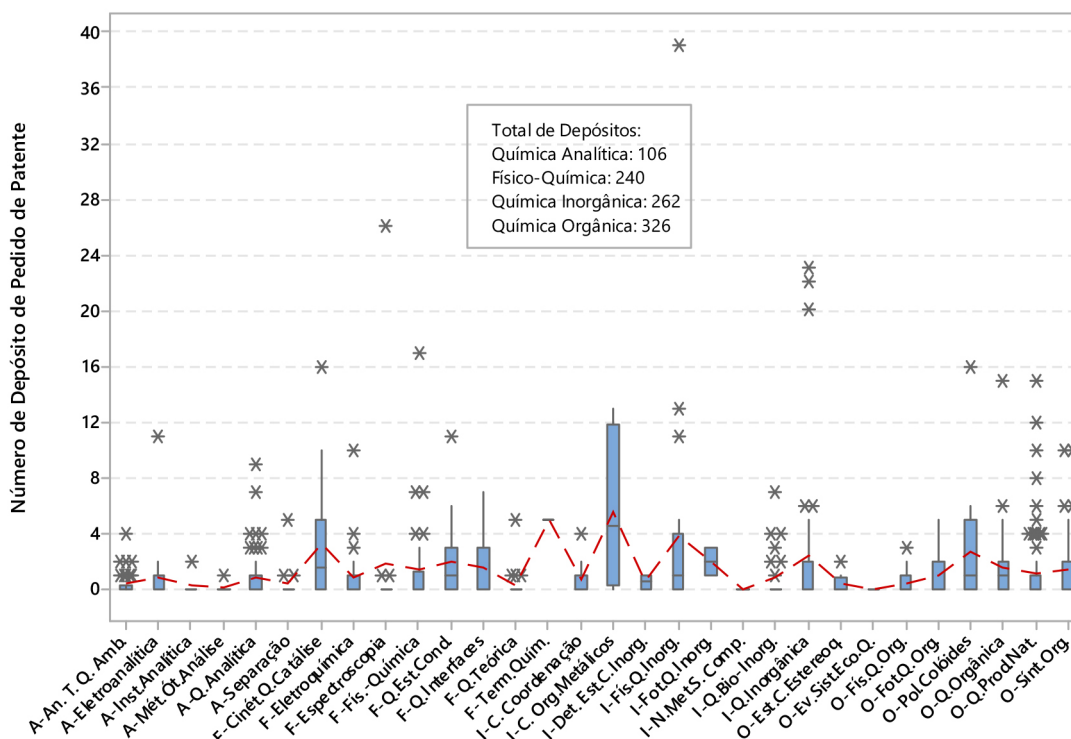


Figura 7. Número de depósitos de pedido de patente, referente ao período de 2003 a março de 2013, em cada Especialidade da Química. Os boxplots contêm a informação da mediana, intervalo interquartil, outliers (asteriscos) e a linha tracejada indica a conexão das médias de cada Especialidade da Química. Antecedendo o nome da Especialidade estão as siglas das subáreas: A (Química Analítica), F (Físico-Química), I (Química Inorgânica) e O (Química Orgânica)

A Química Orgânica era a subárea com mais bolsistas PQ, a que mais publicou artigos por ano e a que possuía a maior média de publicações por bolsista, mas publicou mais em periódicos de baixo fator de impacto e tinha poucas citações por artigo.

A Química Analítica e a Físico-Química foram as subáreas com as maiores médias de publicação/bolsista nas faixas de fator de impacto $3 \leq FI < 5$. Quanto à formação de recursos humanos em nível de pós-graduação, a Química Analítica possuía os maiores valores de média de orientação de Mestrado e Doutorado da Química em todos os seus níveis de bolsa PQ.

O novo cálculo do índice de orientação, para o triênio 2015-2017, desconsidera a orientação de iniciação científica e pode ser mais impactante aos bolsistas das categorias PQ-ID e PQ-2, por estes possuírem uma proporção maior de orientações de iniciação científica que os demais níveis de bolsa PQ.

Quanto ao índice H, a Eletroanalítica era a Especialidade com o maior valor médio entre as bolsistas das categorias PQ-1 e PQ-SR e as Especialidades Química de Produtos Naturais e Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos estavam empatadas, como as de menor valor médio de índice H, entre estes mesmos níveis de bolsa. Todas as Especialidades da Química possuíam média de índice H compatível com a média geral da área, exceto a Química de Produtos Naturais. Portanto, quanto ao índice H, a Especialidade de Química de Produtos Naturais é diferenciada das demais.

Diante de tantos dados de produtividade, uma subárea pode ser considerada mais produtiva, e da mesma forma uma subárea pode sobressair-se em relação às demais, no entanto, uma análise mais aprofundada, que considere uma visão de todo o universo que compõe a subárea, é possível perceber que algumas Especialidades impulsionam a subárea em relação às outras. Portanto, o reconhecimento da dinâmica de produtividade de cada Especialidade pode contribuir para a melhor interpretação do que seria a evolução da produtividade da área e assim promover o fortalecimento científico

das Especialidades, das Subáreas e finalmente da Área de Química como um todo.

No tocante ao desempenho individual dos bolsistas, alguns pesquisadores, com indicadores muito diferentes dos demais de seu nível e subárea, podem estar classificados em níveis inadequados ao seu desempenho. A correção desses desvios pode ser feita com julgamentos periódicos de reclassificação, ocasião em que todos os bolsistas são avaliados simultaneamente.

As Especialidades da Química de Gravimetria, Titimetria e Química Nuclear e Radioquímica, no estudo de 2010,¹ possuíam apenas 1 bolsista, cada uma. Estas mesmas Especialidades não possuíam bolsistas PQ em 2013, o que sugere que elas estão se tornando inadequadas para descrever a atuação dos pesquisadores da Química. Este fato, juntamente com o número reduzido de bolsistas em outras Especialidades, indica que o adequado enquadramento na área depende de uma atualização da Tabela das Áreas do Conhecimento.

Estudos adicionais são necessários para determinar por que razão as mulheres não estão representadas na mesma proporção nas 4 subáreas e nos níveis hierárquicos superiores das bolsas PQ da área de Química.

Os dados apresentados aqui demonstram que a Química tem um bom desempenho no que toca produção internacional, mas precisa continuar incrementando sua produtividade para que Brasil se aproxime dos países tradicionais nas ciências exatas e naturais em termos de impacto e influência (internacionalização efetiva). Esta é uma questão da maioria das áreas do conhecimento e o Brasil tem muito a empregar em investimentos em Ciência, Tecnologia e Inovação.²⁵

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à UFSM pela viabilização do estudo, ao A. Cleofas pelo apoio no tratamento dos dados estatísticos e ao L. C. de Jesus, à F. F. Coura e à M. A. Kaplan por suas valiosas contribuições.

GLOSSÁRIO

ANOVA: É um cálculo estatístico que testa a igualdade das médias de populações, estabelecendo limites de decisão baseados na quantidade de observações e compara a média de cada Especialidade com a média geral da área.

DP: Desvio Padrão da Média

Mediana: Comparada à média, a mediana não é sensível aos valores de dados extremos e é, então frequentemente uma medida mais informativa do centro de dados assimétricos.

IQ: Intervalo Interquartil, é a distância entre o primeiro e o terceiro quartis (Q1-Q3); assim, abrange os 50% intermediários dos dados. Como a mediana, o IQ é uma medida de tendência central e dispersão dos dados assimétricos e não é afetada por observações extremas.

Outlier: uma observação excepcionalmente grande ou pequena. **Outliers** podem ter influência desproporcional sobre resultados estatísticos como a média.

Índice de orientação (IO): critério de julgamento utilizado pelo Comitê Assessor de Química, cujo cálculo é feito pelo somatório do número de alunos multiplicado por seus respectivos pesos. O IO possui os seguintes pesos por modalidade de orientação: Iniciação Científica (0,5), Mestrado (1,5) e Doutorado (3,0).

Fator de Impacto: índice calculado tomando-se o número de citações dos artigos publicados pelo jornal nos últimos dois anos e dividindo pelo número de artigos publicados pelo jornal durante estes mesmos dois anos.

Índice m: é calculado pela razão índice H/idade científica.

Índice H: é definido como o número de artigos com o número de citações de valor maior ou igual ao número de citações.

Idade científica: número de anos decorridos desde o ano de publicação do primeiro artigo em revista indexada.

Áreas e subáreas da química conforme distribuição no banco de dados do CNPq:

- Físico-Química: Cinética Química e Catálise; Eletroquímica; Espectroscopia; Química Nuclear e Radioquímica; Química Teórica; Química de Interfaces; Química do Estado Condensado; Termodinâmica Química.
- Química Analítica: Análise de Traços e Química Ambiental; Eletroanalítica; Gravimetria; Instrumentação Analítica; Métodos Óticos de Análise; Separação; Titimetria.
- Química Inorgânica: Compostos de Coordenação; Compostos Organo-Metálicos; Determinação de Estrutura de Compostos Inorgânicos; Fotoquímica Inorgânica; Físico-Química Inorgânica; Não-Metais e Seus Compostos; Química Bio-Inorgânica.
- Química Orgânica: Estrutura, Conformação e Estereoquímica; Evolução, Sistemática e Ecologia Química; Físico-Química Orgânica; Fotoquímica Orgânica; Polímeros e Colóides; Química dos Produtos Naturais; Síntese Orgânica.

REFERÊNCIAS

1. Santos, N. C. F.; Cândido, L. F. O.; Kuppens, C. L.; *Quim. Nova.* **2010**, 33, 489.
2. Alves, A.D.; Yanasse, H. H.; Soma, N. Y.; *Quim. Nova.* **2014**, 37, 377.
3. Oliveira, E. A.; Pecóits-Filho, R.; Quirino, I. G.; Oliveira, M. C.; Martelli, D. L.; Lima, L. S.; Martelli Júnior, H.; *J. Bras. Nefrol.* **2011**, 33, 31.
4. Martelli Júnior, H.; Martelli, D. R. B.; Quirino, I. G.; Oliveira, M. C.L.A.; Lima, L. S.; Oliveira, E. A.; *Rev. Assoc. Med. Braz.* **2010**, 56, 478.
5. Oliveira, M.C.L.A.; Martelli, D. L.; Quirino, I. G.; Colosimo, E.; Silva, A. C. S.; Martelli Júnior, H.; Oliveira, E. A.; *Rev. Assoc. Med. Braz.* **2014**, 60, 542.
6. Oliveira, M.C.L.A.; Martelli, D. L.; Pinheiro, S. V.; Miranda, D. M.; Quirino, I. G.; Leite, B. G. L.; Colosimo, E.; Silva, A. C. S.; Martelli Júnior, H.; Oliveira, E. A.; *Rev. Paul. Pediatr.* **2013**, 31, 278.
7. Stumer, G.; Viero, C. C. M.; Silveira, M. N.; Lukrafka, J. L.; Plentz, R. D. M.; *Braz. J. Phys. Ther.* **2013**, 17, 41.
8. http://www.memoria.cnpq.br/areasconhecimento/docs/cee-areas_do_conhecimento.pdf, acessada em 14/07/2015.
9. <http://www.memoria.cnpq.br/areasconhecimento/1.htm>, acessada em 14/07/2015.
10. <http://www.cnpq.br/web/guest/criterios-de-julgamento#>, acessada em 17/04/2013.
11. <http://www.cnpq.br/web/guest/criterios-de-julgamento#>, acessada em 24/07/2015.
12. Garfield, E.; *Can. Med. Assoc. J.* **1999**, 161, 979.
13. Olinto, G.; *Inc. Soc.* **2011**, 5, 68.
14. <http://fomentonacional.cnpq.br/dmfomento/home/fmtvisualizador.jsp>, acessada em 17/02/2016.
15. <http://www.sfu.ca/psyc/faculty/schmitt/publications/GlassCeiling2008.pdf>, acessada em 17/02/2016.
16. Moschkovich, M.; Almeida, A. M. F.; *Dados.* **2015**, 58, 749.
17. Vancly, J. K.; *Scientometrics* (2012), doi 10.1007/s11192-011-0561-0.
18. Rossner, M.; Epps, H. V.; Hill, E.; *J. Gen. Physiol.* **2008**, 131, 3.
19. Rossner, M.; Epps, H.V.; Hill, E.; *J. Gen. Physiol.* **2008**, 131, 183.
20. <http://am.ascb.org/dora/>, acessada em 23/09/15.
21. http://www.ease.org.uk/sites/default/files/ease_statement_ifs_final.pdf, acessada em 23/09/15.
22. <http://www.mathunion.org/fileadmin/IMU/Report/CitationStatistics.pdf>, acessada em 23/09/15.
23. Hirsch, J. E.; *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **2005**, 102, 16569.
24. <http://www.inpi.gov.br/servicos/servicos/perguntas-frequentes-paginas-internas/perguntas-frequentes-1>, acessada em 19/12/15.
25. <http://www.capes.gov.br/component/content/article/44-avaliacao/4634-quimica>, acessada em 23/09/15.