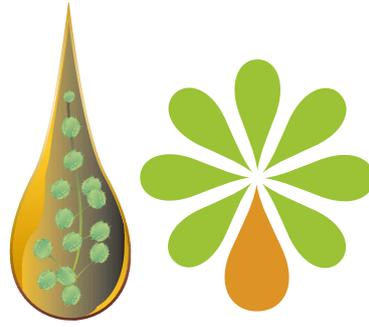


ISBN 978-85-65615-02-0



6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

# BIODIESEL: 10 ANOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NO BRASIL



**VOLUME 2**  
ANAIS - ARTIGOS CIENTÍFICOS  
2016



6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

**BIODIESEL:**  
**10 ANOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NO BRASIL**  
**Anais - Trabalhos Científicos**

**Editores:**

**Pedro Castro Neto**

**Antônio Carlos Fraga**

**Rafael Silva Menezes**

**Gustavo de Lima Ramos**

**Natal, 22 a 25 de Novembro de 2016**

**Rio Grande do Norte - Brasil**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
(6. : 2016 : Natal, RN).

Anais do 6. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia  
de Biodiesel, 9. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel, Natal, RN, 22 a 25 de novembro  
de 2016 / Editores: Pedro Castro Neto ... [et al.]. – Lavras :  
UFLA, 2016.

1432 p.

Bibliografias

ISBN 978-85-65615-02-0

1. Biodiesel. 2. Plantas oleaginosas. 3. óleos vegetais. I

Castro Neto, Pedro et al. II. Congresso Brasileiro de Plantas  
Oleaginosas, óleos, Gorduras e Biodiesel.

CDD – 633.85

## APRESENTAÇÃO

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) possui papel fundamental no processo de aprimoramento tecnológico do biodiesel brasileiro. No âmbito do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o módulo de Desenvolvimento Tecnológico é coordenado pelo MCTIC e objetiva organizar e fomentar a base tecnológica existente no País e norteá-la a gerar resultados que atendam às demandas do PNPB.

Nesse sentido, foi implantada a Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que articula os diversos atores envolvidos, permitindo a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos na busca por soluções para os desafios tecnológicos da cadeia produtiva, levando em consideração aspectos de sustentabilidade, geração de empregos e desenvolvimento regional.

Como ferramenta de avaliação e divulgação dos resultados dos projetos fomentados, o MCTIC promove, desde 2006, o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e a Universidade Federal de Lavras promove, desde 2004, o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Eventos que em suas edições anteriores foram um sucesso, tanto em termos de público, como na divulgação do conhecimento gerado por pesquisadores de inúmeras universidades e institutos de pesquisa de todo o país. A partir de 2010 esses dois eventos foram realizados simultaneamente constituindo o maior evento técnico científico em biodiesel do mundo. Este evento é referência para as áreas de produção de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel.

## APRESENTAÇÃO

É estratégico para o setor de biodiesel possuir fóruns de discussão para se debater temas ligados à pesquisa, desenvolvimento e inovação em Biodiesel, como também promover encontros entre especialistas, estudantes, empresários e a sociedade civil para discutir meios para o desenvolvimento desse novo combustível.

Para o evento deste ano os organizadores receberam 884 trabalhos, dos quais 715 foram aprovados e serão expostos nas sessões de apresentação de pôster. Foram destacados trabalhos que também serão apresentados oralmente nas sessões temáticas. Busca-se atingir com a divulgação dos Anais do evento a difusão do conhecimento gerado, servindo como base para a continuidade das ações e como motivação para que a inovação tecnológica contribua de forma efetiva para os objetivos do PNPB.

Cordialmente,

Professor Pedro Castro Neto  
**Presidente do Congresso**

Professor Antônio Carlos Fraga  
**Presidente da Comissão Técnico-Científica**

Rafael Silva Menezes  
**Coordenador de ações de  
desenvolvimento  
energético RBTB-MCTIC**

## COMISSÃO ORGANIZADORA

Pedro Castro Neto  
**Presidente do Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel**

Rafael Silva Menezes  
**Presidente do Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia  
de Biodiesel**

Gustavo de Lima Ramos  
**Secretário-Geral**

Antônio Carlos Fraga  
**Presidente da Comissão Técnico-Científica**

Juliana Espada Lichston  
**Presidente da Comissão Local da UFRN**

Rafael Peron Castro  
Anderson Lopes Fontes  
**Secretários Comissão Local da UFRN**

## COMISSÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Antônio Carlos Fraga (UFLA) - Presidente

Pedro Castro Neto (UFLA) – Vice-Presidente

Lucas Ambrosano (UEM) – Secretário

Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA) – Secretário

Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA) – Secretário

### MEMBROS DAS ÁREAS TEMÁTICAS

Aristeu Gomes Tininis (IFSP)

Bill Jorge Costa (TECPAR)

Bruno Galvêas Laviola (EMBRAPA)

Cláudio José de Araujo Mota (UFRJ)

Danilo Luiz Flumignan (IFSP)

Donato Alexandre Gomes Aranda (UFRJ)

Eduardo Homem de Siqueira Cavalcanti (INT)

Fátima Menezes Bento (UFRGS)

Gustavo Lima Ramos (SETEC/MCTIC)

Iêda Maria Garcia dos Santos (UFPB)

Luiz Pereira Ramos (UFPR)

Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira (UFPR)

Nelson Roberto Antoniosi Filho (UFG)

Paulo Anselmo Ziani Suarez (UnB)

Rafael Silva Menezes (SETEC/MCTIC)

Roberto Bianchini Derner (UFSC)

Rosenira Serpa da Cruz (UESC)

Sérgio Peres Ramos da Silva (UPE)

Simoni Margaretta Plentz Meneghetti (UFAL)

## COMISSÃO EXECUTORA

Associação dos  
Pesquisadores em Plantas Oleaginosas,  
Óleos, Gorduras e Biodiesel



Rede Brasileira de  
Tecnologia de Biodiesel

SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



## REVISÃO E EDITORAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA)  
Antônio Carlos Fraga (UFLA)  
Lucas Ambrosano (UEM)  
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA)  
Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA)

## COMISSÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA) – Presidente  
Antônio Carlos Fraga (UFLA)  
Gilson Miranda Júnior (BCC/UFLA)  
Jaime Daniel Corrêa Mendes (BCC/UFLA)  
João Paulo de Araújo (BCC / G-Óleo/UFLA)  
Ferguson Antônio Gomes Peres de Souza (G-Óleo/UFLA)  
Henrique Fidencio (G-Óleo/UFLA)  
Arnon de Castro Oliveira (G-Óleo/UFLA)  
Saulo Kirchmaier Teixeira (G-Óleo/UFLA)

## AGRADECIMENTOS

Apoiadores, Autores, Congressistas, Expositores e Palestrantes.

# MEMBROS DA G-ÓLEO

Associação dos Pesquisadores em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

Pedro Castro Neto (Presidente)  
Lucas Ambrosano (Vice-Presidente)  
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (Tesoureiro)  
Vinícius Reis Bastos Martins (Secretário)  
Antônio Carlos Fraga  
Arnon de Castro oliveira  
Bárbara Lemes  
Camilla Freitas Maia  
Camilo José Rodrigues Dal Bó  
Carlos Henrique Santos Fonseca  
Carlúcio Queiroz Santos  
Clara de Almeida Filippo  
Daniel Augusto de Souza Borges  
Danilo da Silva Souza  
Diego Flausino Brasileiro  
Erika Tokuda  
Ferguson Antonio Gomes Peres de Souza  
Gabriel Dlouhy Alcon  
Gabriele de Faria Castro  
Geovani Marques Laurindo  
Gilson Miranda Júnior  
Guilherme de Oliveira Martins  
Gustavo de Almeida Adolpho  
Hamilton Olinto Pimenta Lima Junior  
Henrique Fidencio  
Jaime Daniel Corrêa Mendes  
Janice Alvarenga Santos Fraga  
João Paulo de Araújo  
Julia Andrade de Ávila  
Juliana de Xisto Silva  
Maraiza Assis Mattar Silva  
Marcela Santos Moreira  
Matheus Sterzo Nilsson  
Paulo Rogério Ribeiro Pereira  
Pedro Henrique Barcelos Mota  
Pedro Rodolfo Bianchim de Oliveira  
Rafael Peron Castro  
Rodrigo Martins Santos  
Sandra Regina Peron Castro  
Sandro Freire de Araújo  
Saulo Kirchmaier Teixeira  
Stênio Carvalho  
Thalita Caroline Azevedo Gonçalves  
Thiago Matioli  
Vitor Favareto Silva

## REALIZAÇÃO

O Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biocombustíveis (G-Óleo) idealizado pelos professores Antônio Carlos Fraga



do Departamento de Agricultura e Pedro Castro Neto do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, desde 2006 promove a

produção científica e realiza eventos acadêmicos voltados a estudantes, pesquisadores e empreendedores que atuam nas diversas etapas da cadeia produtiva do biodiesel, transferindo ao produtor rural por meio de eventos de extensão, onde inovações da pesquisa e indústria são levadas e apresentadas à comunidade.

A diversidade das áreas de atuação do grupo torna os projetos amplamente diversificados, englobando atividades em fitotecnia, química, projetos e manutenção de máquinas agrícolas e industriais, gerência e tecnologia de informação, administração, extração e purificação de óleos e gorduras, gestão de coprodutos e resíduos, todas associadas à produção científica visando inovação para a indústria e melhoria na produção rural.

## REALIZAÇÃO

Com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a inovação do biodiesel no Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) promove diversas ações, principalmente por meio da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que envolve diversos atores da cadeia produtiva. Isso permite a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos, buscando soluções para os desafios tecnológicos do setor. Desde 2006, a Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC/MCTIC) promove o Congresso da RBTB com objetivo de disseminar os conhecimentos tecnológicos gerados, a divulgação das potencialidades da Rede, as competências e os trabalhos em andamento. A realização do evento envolve a comunidade científica e empresarial e abrange sete diferentes áreas temáticas: Matéria Prima; Armazenamento, Estabilidade e Problemas Associados; Caracterização e Controle da Qualidade; Co-Produtos; Produção do Biocombustível; Uso de Biodiesel; e Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável.

Rede Brasileira de Tecnologia de

**BioDiesel**



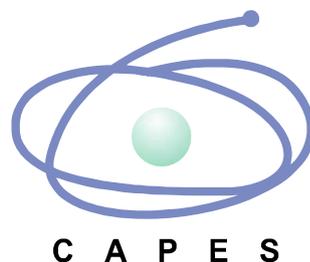
REALIZAÇÃO

SECRETARIA DE  
**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
E INOVAÇÃO**

MINISTÉRIO DA  
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**



## APOIO





6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel  
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

# TRABALHOS CIENTÍFICOS APROVADOS

## Viabilidade da *Moringa oleifera* para produção de biodiesel em regiões áridas

Francisco Sávio Gomes Pereira (IFPE, [cientista.francisco@yahoo.com.br](mailto:cientista.francisco@yahoo.com.br)), Alexandre Ricardo Pereira Schuler (UFPE, [schulerufpe@gmail.com](mailto:schulerufpe@gmail.com)), Valmir Felix de Lima (UFPE, [Valmir.lima@ufpe.br](mailto:Valmir.lima@ufpe.br)), Antonio Demóstenes de Sobral (UFPE, [antoniosobral1@gmail.com](mailto:antoniosobral1@gmail.com)), Marcos Antonio Sousa Barros (IFPE, [marcosasb@uol.com.br](mailto:marcosasb@uol.com.br)), Ana Rita Fraga Drummond (UPE, [anaritadrummond@gmail.com](mailto:anaritadrummond@gmail.com)), Chesque Cavassano Galvão (UFPE, [ccavassano@yahoo.com.br](mailto:ccavassano@yahoo.com.br))

**Palavras Chave:** análises de óleo, biodiesel, inclusão social, óleo de moringa, terras áridas, transesterificação alcalina

### 1 - Introdução

A disponibilidade de energia nas condições de quantidade e qualidade adequadas, a custos competitivos, tem se constituído em um dos mais importantes pré-requisitos para o desenvolvimento econômico das nações. Em vista disso, a energia tem sido tratada como um bem de natureza estratégica. Em publicação de 2015, “Energia Sustentável para Todos” (*Sustainable Energy for All*), iniciativa da ONU e do Banco Mundial, norteia três objetivos de desenvolvimento até 2030: assegurar o acesso universal à eletricidade e serviços energéticos modernos, dobrar a taxa de melhoria da eficiência energética e duplicar a quota de energias renováveis na matriz energética mundial, aprovados na Assembléia Geral das Nações Unidas em 2011<sup>1</sup>.

A *Moringa oleifera* Lamarck, da família Moringaceae, de único gênero, é uma das 13 espécies, largamente cultivada e típica de muitas regiões tropicais<sup>2</sup>. Seu cultivo pode ser realizado em zonas áridas, semiáridas e quentes com temperaturas ótimas entre 25 e 35°C, podendo tolerar momentâneas até 48°C. É tolerante à seca e desenvolve-se com precipitações anuais entre 250 e 3.000 mm em altitudes abaixo de 600 m. Cresce em solos com pH entre 5,0 e 9,0, mas prefere os neutros e bem drenados. Adapta-se melhor em solos areno-argilosos bem drenados e tolera solos argilosos sem estagnação de águas. Não é exigente em termos de fertilidade, desenvolvendo-se também em solos pobres. As taxas de produção, dentro de 3 anos de plantio, podem produzir de 1.000 – 1.600 vagens por ano com uma média de 24.000 sementes. Tem tomado uma grande importância na produção de biodiesel por ser uma das espécies vegetais com um grande conteúdo em óleo (média de 35%). Em um hectare de terra pode ser plantado entre 700 e 1100 árvores<sup>3</sup>.

A *Moringa oleifera* (Fig. 1a), conhecida como a “árvore da vida”, pode ser uma alternativa energética renovável para regiões mundiais de clima semiárido, especialmente no nordeste brasileiro. Neste contexto, este estudo investigou o óleo das sementes desta planta e sua conversão em biodiesel, mostrando-se de grande potencial sustentável para esta aplicação.

### 2 - Material e Métodos

#### 2.1. Extração, caracterização e purificação do óleo de moringa

As vagens maduras (Fig. 1b) foram selecionadas e beneficiadas em grãos e cascas (Fig. 1c). A extração do óleo foi feita usando os grãos, por prensagem mecânica (Fig. 1d) e por extração com hexano em aparelho de Soxhlet. O óleo bruto misto foi purificado por degomagem,

neutralização, lavagem e secagem. Os óleos brutos (Fig. 1e) e o purificado (Fig. 1f) foram caracterizados em IA - índice de acidez, IP - índice de peróxido, IS - índice de saponificação e II - índice de iodo (IAL, 2008), ME - massa específica (NBR 14065/ASTM D4052 e NBR 7148), VC - viscosidade cinemática (NBR 10441/ASTM D445) e TA - teor de água (NBR 11348/ASTM D6304)<sup>4</sup>.



**Figura 1.** Planta e algumas biomassas obtidas das sementes da moringa<sup>4</sup>. (a) uma das moringueiras da coleta; (b) vagens maduras; (c) sementes, grãos e cascas; (d) torta e óleo de prensagem; (e) óleos brutos de prensagem (esquerda) e por solvente (direita); (f) óleo misto purificado (g) biodiesel (esquerda) e glicerina impuros; (h) biodiesel purificado.

#### 2.2. Produção, purificação e caracterização do biodiesel metílico

O óleo misto purificado (Fig. 1f) apresentou massa molar de 892,99 g/mol e foi usado como matéria-prima (40g). Metanol, hidróxido de potássio (catalisador) e sulfato de sódio anidro (desidratante), todos de grau analítico, foram usados como insumos complementares. A transesterificação ocorreu nas condições: razão molar de 6:1, metanol:óleo, 60 °C, 60 minutos, 0,8% de catalisador (KOH, calculado em relação ao óleo), agitação do meio em 300 rpm, reator de vidro com três bocas, selo hidráulico, termômetro e condensador de refluxo. O biodiesel produzido foi separado (Fig. 1g) por decantação após 4 horas, lavado com solução de ácido fosfórico e água destilada, secado com sulfato de sódio anidro e filtrado a vácuo. O biodiesel purificado (Fig. 1h) foi analisado em ME - massa específica (NBR 7148), VC - viscosidade cinemática (NBR 10441/ASTM D445), IA - índice de acidez total por titulação (NBR 9866), TA - teor de água (NBR 11348/ASTM D6304) e TE - teor de éster (EN 14103/2011)<sup>5</sup>.

### 3 - Resultados e Discussão

#### 3.1. Caracterização físico-química dos óleos de moringa

Os parâmetros escolhidos (Tab. 1) foram para avaliar a degradação ou estabilidade do óleo pós-extração,

conservação ou purificação como IA- índice de acidez, (mgKOH/g), IP - índice de peróxido (meqO<sub>2</sub>/kg) e TA - teor de água (mg/kg) e de características gerais de óleos vegetais como ME - massa específica (kg/m<sup>3</sup>, 20°C), VC - viscosidade cinemática (mm<sup>2</sup>/s, 40°C), IS - índice de saponificação (mgKOH/g) e II - índice de iodo (gI<sub>2</sub>/100g). A turbidez (T, em NTU a 20°C) para avaliar possíveis interferentes coloidais presentes. O controle destes parâmetros é para garantir bons resultados na reação de transesterificação alcalina homogênea<sup>5</sup>.

**Tabela 1.** Parâmetros analíticos dos óleos de moringa investigados.

Parâmetros analíticos realizados	Amostras investigadas			
	Óleo do grão por prensagem	Óleo do grão por solvente	Óleo misto bruto	Óleo misto purificado
ME	909,5	907,2	-	907,0 (*)
VC	43,6	39,1	-	41,7
IS	180,55	179,38	-	-
II	68,93	70,71	-	-
TA	876,6	632,0	-	630,2
IP	3,34	5,42	5,16	n.d.(**)
T	64,1	12,6	31,1	2,1
IA	8,85	20,54	18,07	0,25

(\*) obtido pelo método do densímetro NBR 7148; (\*\*) n.d. – não detectado pela metodologia analítica empregada.

### 3.2. Parâmetros analíticos do biodiesel obtido em escala de bancada

Os parâmetros investigados para o biodiesel metílico do óleo de moringa estão mostrados na **Tab. 2**. A massa específica deste estudo ficou dentro da faixa recomendada (850 a 900 kg/m<sup>3</sup>) pela Res. 45/2014, mostrando que este parâmetro é facilmente atingido após purificação do biodiesel produzido. A viscosidade cinemática atendeu a faixa recomendada (3,0 a 6,0 mm<sup>2</sup>/s), sendo de 5,5 mm<sup>2</sup>/s, bem próxima do limite superior aceito pela Res. 45/2014 da ANP, mas o óleo de moringa apresentou boa fluidez no manuseio laboratorial e análise tátil. O teor de éster (TE) ou pureza do biodiesel foi de 86,2% nesta transesterificação alcalina homogênea. O resultado ficou abaixo da recomendação da ANP (mínimo de 96,5 %) requerendo ajustes experimentais. Uma transesterificação metílica alcalina potássica realizada em microescala (uso de 35 mg no ensaio) forneceu 98,23% em éster, superando o mínimo recomendado pela Res. 45/2014 da ANP, atendendo esta condição de parâmetro. O índice de acidez atendeu as recomendações da Res. 45/2014. O valor alto encontrado para este parâmetro pode estar associado ao estado inicial das sementes usadas na extração, ao baixo teor de éster encontrado ou mesmo das condições do óleo

bruto de partida, mesmo tendo sido bem purificado. O teor de água (TA, 615,8 mg/kg) ficou acima do limite aceitável pela Res. 45/2014 da ANP (máximo de 200 mg/kg), requerendo ajustes operacionais na etapa de secagem<sup>5</sup>.

**Tabela 2.** Parâmetros do biodiesel metílico do óleo de moringa e comparativos

Parâmetros analíticos	Dados obtidos	ANP (*)
ME	869(**)	850 - 900
VC	5,5	3,0 – 6,0
TE	86,2	Mín. 96,5
IA	0,43	Máx. 0,50
TA	615,8	Máx. 200

(\*) Parâmetros segundo Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (Res.45/2014); (\*\*) Método do densímetro (NBR 7148).

## 4 – Conclusões

A *Moringa oleifera* é uma planta multifuncional, especialmente interessante para fins energéticos em seu óleo e resíduos fibrosos como cascas e tortas. O óleo extraído de suas sementes é considerado uma excelente matéria-prima para o biodiesel, devido ao seu teor presente nestas, requerer processo de extração simples e por ser bem estável à oxidação. A conversão do óleo em biodiesel por transesterificação alcalina homogênea resultou em teores de éster de 86,2% em escala de bancada e 98,2% em microescala, ratificando a viabilidade da metodologia usada. Os resultados encontrados para o biodiesel produzido projetam a *Moringa oleifera* como uma matéria-prima oleaginosa com grande potencial (teor de óleo em suas sementes maior que 35%) para biodiesel no Brasil, principalmente em regiões de climas áridos e solos menos férteis.

## 5 – Agradecimentos

Os autores agradecem ao pessoal técnico e gestores dos Laboratórios LEAQ, LAC, LPC e LCI do DEQ/UFPE, LF/ITEP e LAMES/UFG pelo suporte durante as análises realizadas.

## 6 - Bibliografia

- <sup>1</sup>IEA, “Sustainable Energy for All 2015— Progress Toward Sustainable Energy” (June), Washington, DC. **2015**.
- <sup>2</sup>Fahey, J. W. *Moringa oleifera*: A Review. *Trees for Life Journal* **2005**, 1, 5.
- <sup>3</sup>Crosby, G. W.; Doctoral Dissertation, University of Massachusetts Amherst, **2007**.
- <sup>4</sup>Pereira *et al.*, **2015**. <http://dx.doi.org/10.5539/ijc.v7n2p177>
- <sup>5</sup>Pereira *et al.*, **2016**. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160063>