

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**BELDROEGA (*Portulaca oleracea* L.): POTENCIAIS COMO
RECURSO GENÉTICO PARA ALIMENTAÇÃO**

Thiago Serravalle de Sá

**CRUZ DAS ALMAS- BAHIA
2020**

BELDROEGA (*Portulaca oleracea* L.): POTENCIAIS COMO RECURSO GENÉTICO PARA ALIMENTAÇÃO

Thiago Serravalle de Sá
Bacharel em Ciências Biológicas
Universidade Federal da Bahia, 2007

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

Coorientadora: Dra. Cristina Ferreira Nepomuceno

Coorientador: Prof. Dr. José Geraldo de Aquino Assis

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
2020**

FICHA CATALOGRÁFICA

S111b

Sá, Thiago Serravalle de.

Beldroega (*Portulaca oleracea* L.): potenciais como recurso genético para alimentação / Thiago Serravalle de Sá. Cruz das Almas, Bahia, 2020.

68f.; il.

Orientadora: Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa.
Coorientadora: Cristina Ferreira Nepomuceno.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais.

1.Plantas – Portulacaceae. 2.Plantas – Melhoramento genético em plantas. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Assis, José Geraldo de Aquino. III.Título.

CDD: 581.16

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração - Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).
(os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**BELDROEGA (*Portulaca oleracea* L.): POTENCIAIS COMO
RECURSO GENÉTICO PARA ALIMENTAÇÃO**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Thiago Serravalle de Sá

Aprovada em: 31 de agosto de 2020

Profa. Dra. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientadora)

Dr. Ricardo Elesbão Alves
Embrapa Alimentos e Territórios
(Examinador Externo)

Dr. Sebastião de Oliveira e Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Examinador Interno)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que lutam pela soberania alimentar e cultural do nosso povo. Seja das Universidades, do campo ou das cozinhas, que seus discursos, plurais e inclusivos sejam escutados.

AGRADECIMENTOS

Esta jornada chega ao fim, não como eu gostaria, mas como era necessário. Foi um período de grande aprendizado, mas de grandes dificuldades e descobertas que felizmente me trouxeram ao lugar em que estou hoje. Só tenho a agradecer a todas e todos que estiveram comigo nesta jornada, seu carinho, sua compreensão e seu apoio.

Primeiramente agradeço aos meus pais, Esther e Haroldo, que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos e a quem devo a vida e muitas das oportunidades, mas acima de tudo o exemplo de pessoas íntegras que me inspiram a todo momento. Meu companheiro Igor, que acreditou numa ideia e veio se juntar a mim e acreditar num sonho nosso. Agradeço imensamente pois só mesmo a sua companhia para tornar os momentos mais difíceis suportáveis.

A Geraldo, meu coorientador, que é o grande mentor desta ideia que se materializa numa dissertação, mas principalmente num modo de ver o mundo e tentar torná-lo melhor. A Cristina Nepomuceno, minha coorientadora, que esteve presente a todo momento e foi uma fonte de grandes ideias, aprendizado de muita calma. À minha orientadora, Maria Angélica, que acreditou nesta ideia mesmo me conhecendo há pouco tempo e a quem agradeço a oportunidade de concretizar este trabalho e foi extremamente compreensiva e me ajudou a ter calma nos momentos mais difíceis.

Agradeço também ao Professor Sebastião, pelos cafés e por ter viabilizado as análises de citometria de fluxo juntamente com o professor Moacir Pasqual e Filipe Almendagna Rodrigues na UFLA.

Aos colegas de jornada no laboratório de recursos genéticos vegetais da UFRB, Priscila, Ila, Karine, Afonso, Tailana e Raquelice. A Carol, técnica do bloco que foi uma fonte de café e boas conversas nos momentos mais tranquilos.

Às minhas colegas da UFBA que viraram amigas: Hédina, Rayane, Aline, Thaís e Larissa. Foi bom aprender junto com vocês.

Tenho que agradecer profundamente a Reginaldo, um amigo que eu fiz nesses dois anos em Cruz das Almas e que, pela amizade, ofereceu sua ajuda e sua companhia nos momentos mais exaustivos do trabalho de campo.

BELDROEGA (*Portulaca oleracea* L.): POTENCIAIS COMO RECURSO GENÉTICO PARA ALIMENTAÇÃO

RESUMO: A beldroega (*Portulaca oleracea* L.) é uma espécie herbácea e suculenta de distribuição pantropical cujo uso alimentar é conhecido a milhares de anos. Seu uso declinou por motivos diversos, mas atualmente, pelo seu alto valor alimentício e medicinal, tem voltado a receber atenção, embora, ainda existam grandes lacunas em trabalhos que subsidiem programas de melhoramento e conservação. Neste trabalho avaliamos o potencial alimentício de 15 acessos de beldroega pela sua germinação, grau de umidade das sementes, caracterização morfoagronômica, composição centesimal e por citometria de fluxo. Os acessos estudados são oriundos de sete países (Brasil, Peru, África do Sul, Itália, Grécia, Chipre e Israel) o que torna esse trabalho o que possui maior abrangência geográfica em relação a outros estudos com beldroega. O grau de umidade variou de 3,73% a 15,60% ($p < 0,001$) e se trata de dado inédito para a espécie. A germinação ficou entre de 86% a 100% e foi estatisticamente significativo ($p < 0,001$) e condizente com dados para a espécie. mos uma lista de descritores com 28 caracteres (10 qualitativos e 18 quantitativos) com os quais avaliamos os acessos após 40 dias da semeadura em casa de vegetação. Quatorze dos caracteres qualitativos apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,001$). Uma análise de cluster mostrou que os acessos do Brasil foram agrupados em dois grandes grupos com a presença de um acesso de Israel em um deles. Os outros clusters não mostraram agrupamentos que refletissem as distâncias geográficas. A análise nutricional (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos) também mostrou diferenças estatísticas ($p < 0,001$) e demonstra que a beldroega possui grande variação dos caracteres nutricionais podendo variar mais de 100% entre os acessos. É sabido que a espécie tem diversos graus de ploidia o que foi sugerido através da citometria de fluxo. A quantidade de DNA dos acessos variou de 7,75pg a 2,37pg o que correspondem a 854 e 1160 milhões de pares de base. Novamente, foi observado que a variação desse parâmetro não correspondeu a distância geográfica. Este estudo é o mais abrangente quanto à diversidade de acessos de beldroega e apresenta uma lista de descritores mais completa em relação a trabalhos anteriores. Os descritores permitiram a diferenciação dos acessos e os parâmetros nutricionais demonstram que há grande variação dependente do genótipo. Espera-se que este trabalho contribua para o reconhecimento da beldroega como recurso genético e ajude a subsidiar futuros programas de melhoramento.

Palavras-chave: Análise nutricional, Caracterização morfoagronômica, Citometria de fluxo, Composição centesimal, PANC (Plantas Alimentícias Não Convencionais)

PURSLANE (*Portulaca oleracea* L.): POTENTIALS AS A GENETIC RESOURCE FOR FOOD

ABSTRACT: Purslane (*Portulaca oleracea* L.) is an herbaceous succulent species with Pantropical distribution whose alimentary use is known for thousands of years. Its use has declined for many reasons, but recently, due to its high nutritional and medicinal values, has been given much attention, but still there are many gaps that can subsidize genetic improvement and conservation. In this study we evaluated the potential of 15 accessions as a food resource regarding seed moisture content, germination, morphoagronomical characterization, centesimal composition and by flow cytometry. Our accessions are distributed along four continents (America, Africa, Europe, and Asia) and seven countries (Brazil, Peru, South Africa, Italy, Greece, Cyprus, and Israel) which makes this the work with broader geographical distribution of purslane. Germination ranged from 86% to 100% and was statistically significant ($p < 0,001$) and befitting with previous data for the species. We produced a descriptor list with 28 characters (10 qualitative and 18 quantitative) with which we evaluated the accessions after 40 days from sowing in greenhouse. Fourteen of the quantitative characters were statistically significant ($p < 0,001$). A cluster analysis showed that accessions from Brazil were grouped in 2 clusters but an accession from Israel was also present. Other clusters did not show groupings that reflected geographical distances. Centesimal composition (moisture, ashes, protein, lipids, and carbohydrates) was also statistically significant ($p < 0,001$) and demonstrated that purslane presents a broad variation of nutritional characteristics that can vary for over 100% between accessions. It is known that the species has varied degrees of ploidy, which was suggested by flow cytometry analysis. DNA content of the accession varied from 7.75 pg to 2.37 pg which corresponds to 854 e 1160 million base pairs. Again, these variations did not correspond to geographical distances. This is the most embracing study on purslane diversity and presents a detailed descriptor list when compared to previous studies. These descriptors allowed the differentiation of the accessions and nutritional parameters showed that there is great variation among different genotypes. We expect that this work contributes significantly to the recognition of purslane as a genetic resource and helps subsidize genetic improvement programs.

Keywords: Centesimal Composition, Flow Cytometry Morphoagronomical Characterization, NUS (Neglected and Underutilized Species), Nutritional Characterization,

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 9 |
| REVISÃO DE LITERATURA | 11 |
| Plantas Alimentícias Não Convencionais | 11 |
| Características gerais da beldroega | 12 |
| Usos da beldroega | 14 |
| REFERÊNCIAS | 17 |
| CAPÍTULO 1 | 9 |
| BELDROEGA (<i>Portulaca oleracea</i> L.): RECURSO GENÉTICO E GASTRONÔMICO IMPORTANTE MUNDIALMENTE ¹ | 9 |
| RESUMO | 23 |
| ABSTRACT | 24 |
| INTRODUÇÃO | 25 |
| METODOLOGIA | 26 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 26 |
| Distribuição geográfica | 26 |
| Beldroega como recurso alimentício | 29 |
| Beldroega como recurso genético | 27 |
| REFERÊNCIAS | 32 |
| CAPÍTULO 2 | 38 |
| ABSTRACT: | 38 |
| RESUMO | 39 |
| INTRODUCTION | 40 |
| MATERIALS AND METHODS | 41 |
| Acessions | 41 |
| Seed Moisture Content and Germination | 42 |
| Morphoagronomical Characterization | 43 |
| Centesimal Composition | 45 |
| Ashes | 45 |
| Protein | 45 |
| Lipids | 45 |
| Carbohydrates | 45 |
| Flow Citometry | 45 |
| RESULTS AND DISCUSSION | 46 |
| Acessions | 46 |
| Seed Moisture Content and Germination | 46 |

| | |
|--|----|
| Morphoagronomical Characterization | 49 |
| Centesimal composition | 59 |
| Moisture | 60 |
| Ashes..... | 60 |
| Protein | 61 |
| Lipid | 61 |
| Carbohydrates | 61 |
| Flow Citometry | 61 |
| CONCLUSIONS | 64 |
| REFERENCES..... | 64 |

INTRODUÇÃO

A alimentação constitui um tópico central para a humanidade e recentemente tem-se visto um crescente interesse na diversificação das bases alimentares, com grande foco na soberania e na segurança alimentar. Nos últimos 12 000 anos o homem selecionou espécies e variedades de interesse para o cultivo com finalidade alimentar; entretanto, esta seleção estreitou o número de espécies a tal ponto, que hoje apenas 30 espécies representam 95% do aporte calórico de origem vegetal e somente o trigo, arroz, batata e milho são responsáveis por 60% das calorias consumidas de acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2020). Fato este que compromete a segurança alimentar, uma vez que qualquer declínio na produção de quaisquer dessas espécies pode acarretar grandes problemas no suprimento de alimentos.

De acordo com Lachat *et al.* (2018) uma alta biodiversidade alimentar está associada a uma dieta mais adequada, tanto em calorias como em nutrientes. A preocupação com a segurança alimentar e a valorização de ingredientes tradicionais de movimentos como o *slowfood* procuram divulgar espécies pouco utilizadas e fomentar a sua produção e consumo.

A popularização de espécies pouco usuais sob o acrônimo PANC (Plantas Alimentícias Não Convencionais), vem crescendo nos últimos anos, e nos fornecem uma oportunidade de diversificar a dieta. Grande parte delas crescem espontaneamente e em grandes quantidades.

A beldroega (*Portulaca oleracea* L., *Portulacaceae*), planta considerada PANC, vem despertando interesse da comunidade científica, devido a sua ampla possibilidade de utilização na alimentação, bem como por apresentar diversos compostos bioativos que podem ser utilizados na produção de fármacos, além da potencialidade como ornamental pela beleza das suas flores, e por ter a comercialização regulamentada pelo governo Brasileiro (BRASIL, 2018).

Em vista disso, essa dissertação, que está composta de dois capítulos, e visa aprofundar nos estudos quanto ao potencial de exploração da beldroega por meio da caracterização morfoagronômica, química e citogenética de diferentes acessos da espécie enquanto recurso genético para alimentação humana.

O Capítulo I aborda os potenciais da beldroega (*Portulaca oleracea* L.) como recurso genético e gastronômico importante mundialmente.

O Capítulo II visa caracterizar 15 acessos de beldroega por meio de descritores morfoagronômicos, grau de umidade das sementes, sua germinação, composição nutricional e por citometria de fluxo.

Espera-se que esses resultados possam contribuir para a exploração racional da beldroega, favorecendo assim uma maior exploração gastronômica como alternativa alimentar, para o consumo in natura ou processada, preparação de alimentos funcionais e como aplicações potenciais em medicamentos.

REVISÃO DE LITERATURA

PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS

A pesquisa e valorização de espécies pouco utilizadas não é novidade para a agronomia. O termo NUS (*Neglected and Underutilized Species*) se refere a espécies que são subutilizadas enquanto recurso genético. Recentemente no Brasil, um conceito similar sob o acrônimo PANC (Plantas Alimentícias Não Convencionais) surge pela primeira vez em 2007 no trabalho de Kinupp e Barros (2007) o qual tem gerado um grande movimento de valorização de espécies cujo uso era pouco conhecido ou pouco difundido.

O termo PANC é popularizado na obra de Kinupp e Lorenzi (2014) e compreende diversas espécies vegetais pouco convencionais ou partes de vegetais já conhecidos. Segundo os mesmos autores as PANC são plantas cujos usos alimentares de uma ou mais das suas partes podem ser feitos pelo homem in natura ou após algum tipo de preparo culinário. Cabe ressaltar que a definição de não convencional e do que não é varia de acordo com o tempo, localidade e cultura dominante, podendo uma espécie ser não convencional em determinada localidade, mas ser usual em outra. De um modo geral as PANC são plantas que não possuem uma cadeia produtiva estabelecida, ou, caso exista, atendem a mercados restritos nos quais seu consumo é usual.

As PANC têm os mais diversos hábitos de crescimento e ocupam ambientes muito diversos, algumas são nativas, outras já se encontram naturalizadas e outrassão usadas como ornamentais. Muitas têm ocorrência espontânea e costumam crescer em todo tipo de ambiente, o que as faz serem chamadas de “plantas invasoras” ou matos, mostrando que, estas, na maioria das vezes, requerem pouco cuidado no manejo.

Diversas PANC são exóticas, e refletem o intenso intercâmbio de espécies no período colonial (SÁ *et al.* 2019). Muitas delas passaram a formar a base alimentar e cultural brasileira, a exemplo de quiabo, maxixe e inhame, ou cará, originários da África (BRASIL, 2010; MADEIRA *et al.*, 2018;) enquanto outras como taioba, mangarito, ora-pro-nobis, são nativas do Brasil ou das Américas (SÁ *et al.* 2019).

Kinupp *et al.* (2006) discute que apesar dos países tropicais e subtropicais detenham a maior biodiversidade do planeta, a falta de pesquisa, divulgação e valoração das espécies nativas se contrapõem à riqueza biológica. O cultivo de PANC é feito predominantemente por agricultores familiares, populações tradicionais cujo consumo dessas espécies e passado de geração a geração e servem para o consumo da própria família (BRASIL, 2010). Melo (2007) e Batista *et al.* (2013) destacam a grande variabilidade genética dessas espécies pela

manutenção local das variedades ao mesmo tempo em que estas estão vulneráveis ao processo de erosão genética devido ao êxodo rural e à substituição por cultivares comerciais.

Segundo Melo (2007), mais de seis milhões de acessos de plantas alimentícias são conservados atualmente em cerca de 1.300 coleções pelo mundo, deste total a maior parte (80%) pertencem a grandes culturas e espécies relacionadas, restando 20% a outras culturas, incluindo as hortaliças não convencionais, as quais são pobremente representadas (menos de oito acessos por espécie).

Uma alternativa é a manutenção das cultivares em bancos de germoplasma pois além de difundir o conhecimento sobre os usos e o sistema de produção das hortaliças não convencionais, subsidiam ações para a conservação do germoplasma das mesmas a fim de evitar a perda da diversidade genética das variedades locais tradicionalmente cultivadas no Brasil (NUNES *et al.*, 2012). Contudo, para que exista o uso consciente das PANC é necessário que seja realizado seu reconhecimento preciso enquanto espécies, bem como a catalogação de suas características morfológicas, genéticas e fisiológicas, o que não é um processo simples.

É primordial para a conservação destas espécies conhecer os seus usos e fazer divulgação deles para que haja interesse geral sobre estas plantas e para que estudos como o das características nutricionais e dos usos gastronômicos tenham alto valor agregado. Logo a conservação de material genético revela-se uma poderosa estratégia à preservação e estudo dessas espécies vegetais tão vulneráveis à perda de diversidade, bem como pode vir a subsidiar estudos em melhoramento genético de plantas, entre outras pesquisas biotecnológicas (CARVALHO *et al.*, 2008).

Existem alguns levantamentos das espécies de PANC encontradas em localidades no Brasil, em uma tentativa de conhecer aquelas que representam recursos potenciais. Em todos estes levantamentos a beldroega (*Portulaca oleracea* L.) é a mais prevalente nesses inventários.

Trata-se de uma planta herbácea de distribuição Pantropical cujo uso alimentício e medicinal é milenar. A literatura na área de ciências agrárias trata esta planta como daninha de hortas e pomares, mas, recentemente, seus potenciais alimentício, medicinal e biotecnológico tratam esta planta com uma nova perspectiva como recurso genético vegetal importante, que pode contribuir para a segurança e soberania alimentar.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BELDROEGA

Portulaca Linnaeus (1762: 445) é o único gênero pertencente à família *Portulacaceae*, que inclui cerca de 100 espécies com distribuição mundial (NYFFELER; EGGLI, 2010) ocorrendo principalmente em regiões tropicais e subtropicais (KOKUBUGATA *et al.*, 2015).

Contudo, Ocampo e Mair-Sanchez (2018) estimam que ultrapasse a 100. Para o Brasil, Rohrbach (1872) na "Flora Brasiliensis" refere a dez espécies em dois gêneros: *Talinum* e *Portulaca*, esse último com oito espécies.

Portulaca oleracea L. possui uma ampla distribuição, sendo a espécie considerada cosmopolita, conhecida popularmente no Brasil como beldroega, salada-de-negro, caaponga, porcelana, bredo-de-porco, verdolaga, beldroega-pequena, beldroega-vermelha, beldroega-da-horta e onze-horas (MAPA, 2020).

A beldroega é uma planta herbácea suculenta; anual; de hábito prostrado a semi-ereto; a coloração das hastes varia do verde ao vermelho intenso (Figura 1A e B); de folhas obovadas; flores solitárias de coloração amarela (Figura 1 C), rosa, magenta ou branca; com fruto tipo cápsula deiscente e contendo numerosas sementes com menos de um milímetro, com coloração preta e brilhante (Figura 1 C). Propaga-se apenas por meio de sementes, germinando o ano todo e apresentam um ciclo de vida de 60 dias (KINUPP; LORENZI, 2014).

Com relação a origem da espécie segundo Lorenzi, (2008) e MAPA, (2020), provavelmente é do norte da África e estabelecida em todo território brasileiro. Contudo, não existe consenso na literatura, podendo ser encontrados relatos da sua ocorrência na Grécia há mais de 2000 anos (MITICHI, 1997), embora não esteja claro se seu uso era para fins alimentícios. É possível encontrar literatura associando a sua origem à Europa, à África, à Ásia ou mesmo como nativa das Américas. Chapman *et al.* (1974) estudaram evidências paleoetnobotânicas e identificaram sementes de beldroega em assentamentos humanos na América do Norte que datam de 2500 a 3000 anos atrás, mostrando que, qualquer que seja a origem da espécie, a sua dispersão é muito antiga, incluindo o seu uso alimentar, uma vez que sementes foram identificadas em paleofezes.

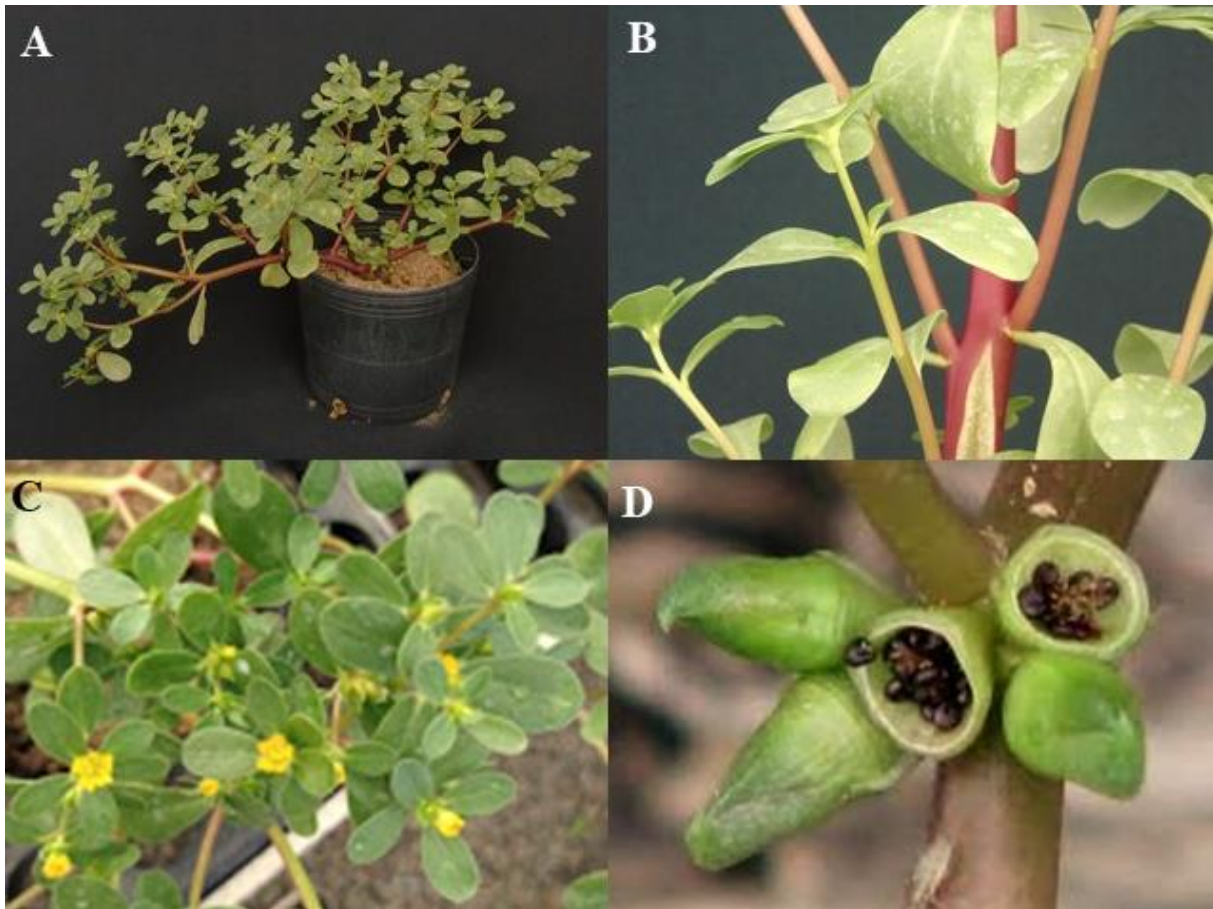


Figura 1. *Portulaca oleracea* L. (A e B) coloração das hastes variando do verde ao vermelho, (C) flores solitárias de coloração amarela, (D) sementes pretas e brilhantes.

Fonte: Autor.

USOS DA BELDROEGA

A *Portulaca oleracea* é listada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma das plantas comestíveis e medicinais amplamente utilizada em países mediterrâneos, centro europeus e asiáticos, por ser rica em nutrientes, vitaminas e minerais (IRANSHAHY *et al.* 2017).

Os relatos do seu uso alimentar são dispersos, mas é possível encontrar pratos tradicionais como a sopa de beldroegas em Portugal ou salsa verde com verdolagas no México ou a salada *Fattoush* no oriente médio. Mitichi (1997) inclui seu emprego como sucedâneo do espinafre (embora na Europa o cultivo da beldroega seja anterior, sendo então substituído por esta espécie), usado para engrossar sopas, na forma de pickles ou ainda secas, podendo ser então cozidas ou trituradas e usadas em preparações ou misturada a farinhas.

Embora a beldroega tenha sido usada extensivamente na alimentação humana no passado, ela caiu em desuso, por seu comportamento invasor. Devido à grande quantidade de sementes produzidas ser de fácil dispersão e com a capacidade de permanecer viáveis por

muitos anos no solo, a tornam uma espécie competidora das cultivares. Apenas recentemente esta vem sendo estudada como uma opção viável para cultivo e alimentação.

Kinupp e Lorenzi (2014) sugerem, dentro dos diversos usos culinários, o consumo de folhas e talos crus, cozidos ou refogados, na forma de bolinhos e das suas sementes em pães, brotos como decoração e até mesmo o uso das cinzas como sal nas preparações.

A planta também contém vitaminas (principalmente a vitamina A, vitamina C e vitamina B e alguns carotenóides), bem como sais minerais, quais sejam: magnésio, cálcio, potássio, ferro, além de polissacarídeos e proteínas (ZHOU *et al.*, 2015). Alam *et al.* (2014) encontraram grande variabilidade em características morfológicas e fisiológicas em 45 diferentes acessos de beldroega na Malásia, com diferentes teores de minerais que podiam variar em concentração quase 100%.

Egea-Gilabert *et al.* (2014) estudaram diversos acessos de beldroega visando a sua caracterização e viabilidade de introdução como cultivo comercial para a alimentação humana e identificaram, dentre o material estudado, uma variedade interessante pelo seu elevado peso seco, altos teores de potássio e baixo conteúdo de oxalato que é um fator antinutricional importante pois é quelante de íons bivalente como ferro e cálcio e pode ocasionar em irritações em altas concentrações. Relatos de pesquisas em variedades de beldroega na Tunísia revelaram diferenças no fenótipo e no vigor das plantas entre populações espontâneas e cultivadas, indicando algum grau de seleção de variedades inclusive quanto ao seu uso potencial para diferentes finalidades na alimentação (SALAH e CHEMLI 2004).

A beldroega também é rica em dois tipos de pigmentos, as betalaínas, betacianinas avermelhadas, visíveis na coloração das hastes, e betaxantinas amareladas, perceptíveis nas flores e na tonalidade ligeiramente amarelada das folhas (CHOWDHARY *et al.* 2013), diversos flavonoides e alpha-tocoferol, dentre diversas outras substâncias bioativas, o que confere atividade antioxidante a mesma (UDDIN *et al.*, 2014; VIANA *et al.*, 2015).

As substâncias antioxidantes são capazes de prevenir e combater os danos oxidativos causados pelos radicais livres, pois atuam na transferência de elétrons em várias reações bioquímicas fundamentais para a manutenção celular (ALVES *et al.*, 2010). O excesso desses radicais pode provocar danos deletérios à mitocôndria (MAILLOUX *et al.*, 2014), lipídios da membrana plasmática, (NETO; CORDEIRO, 2016), proteínas, ácido desoxirribonucleico-DNA (CITRON *et al.*, 2016), desencadeando perda da homeostase celular e diversas patologias (ALVES *et al.*, 2010).

Entre os componentes de maior interesse nutricional e funcional encontrados na beldroega destaca o ômega-3, possuindo um dos mais altos níveis entre os vegetais de folhas

verdes deste ácido graxo, o que poderia complementar de forma eficiente dietas vegetarianas e onde existe deficiência de consumo de peixe (UDDIN *et al.*, 2014).

Além das características nutricionais e/ou funcionais, a beldroega também apresenta propriedades medicinais, produzindo uma gama de efeitos tais como antimicrobianos (KUMAR *et al.* 2008), anti-inflamatórios (CHAN *et al.* 2000), cicatrizantes (RASHED, 2003), antidiabéticos (CHEN *et al.* 2016), hepatoprotetores e neuroprotetores (ZHOU *et al.*, 2015) e anticâncer (YAN *et al.* 2012). Esta gama de ações possivelmente deve-se aos vários compostos biologicamente ativos tais como os terpenóides (XIN *et al.* 2008a), alcalóides (YANG *et al.*, 2009), cerebrosídeo (XIN *et al.* 2008b), cumarinas e flavonóides (XIANG *et al.*, 2005) que estão associados com os efeitos farmacológicos múltiplos.

As plantas são consideradas uma das principais fontes de compostos secundários com princípios ativos para medicamentos (GURNANI *et al.*, 2014). Neste sentido a busca por produtos naturais com matriz química que atuem em mecanismo de ação associados a propriedades biológicas tem se tornado uma alternativa importante para obtenção de novos fármacos (ATANASOV *et al.*, 2015; CAVENDISH *et al.*, 2015).

Os compostos fenólicos ou polifenóis atuam auxiliando a reprodução e o crescimento das plantas (SHAHIDI *et al.*, 1995) e são responsáveis pela cor, sabor (LAGO *et al.*, 2014) e aroma (COSTA *et al.*, 2015). Estes compostos originam-se do metabolismo secundário das plantas, são essenciais para o seu crescimento e reprodução, e são também sintetizadas quando a planta é submetida a condições de estresse, tais como, injúrias, infecções, variação da luminosidade, incidência da radiação ultravioleta, salinidade, uso de contaminantes e déficit hídrico (MUCHUWETI *et al.*, 2007; BETTINE *et al.*, 2014). Sua qualidade e quantidade podem ser influenciadas pela genética da planta, composição do solo, métodos de coleta e armazenamento do produto (CARDOZO-JÚNIOR *et al.*, 2007).

Estudos recentes revelam que a diversidade de genótipos de beldroega retrata que os diferentes órgãos da planta apresentam diversidade quanto aos conteúdos e níveis dos compostos bioativos em relação a origem geográfica (NEMZER *et al.*, 2020; DORRA *et al.* 2020).

Quanto a utilização ornamental, existem formas cultivadas desta espécie, com flores muito maiores e de várias cores (MAPA, 2020), que podem ser utilizados como planta de vaso ou na ornamentação de jardim.

Embora a espécie apresente uma enorme variabilidade genética, estudos direcionados a seleção de variedades mais produtivas e com melhores características nutricionais e farmacêuticas se faz necessário para uma exploração econômica racional da beldroega.

No ano de 2018 foi instituída por portaria interministerial (BRASIL, 2018) uma lista de espécies da sociobiodiversidade para a comercialização com fins alimentares de algumas espécies consideradas PANC e dentre estas se encontra a beldroega. Embora ela figure entre os alimentos regionais brasileiros para a região sudeste (BRASIL, 2002) sua composição centesimal não é contemplada na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (LIMA, 2006).

Por ser uma planta extremamente resistente à seca e à salinidade, e de fácil cultivo (BRASIL, 2002), a beldroega pode ser explorada na região Nordeste, possibilitando a diversificação da agricultura familiar. Contudo, estudos sobre o manejo da cultura devem ser aprimorados, para que sua exploração, seja ela sob o ponto de vista alimentício, farmacológico ou ornamental.

Nos últimos anos vem ocorrendo uma tendência na utilização das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) na alimentação humana, o que se faz necessário aprimorar os conhecimentos para fomentar o uso mais seguro da espécie como hortaliça. Alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável consiste em um grande desafio para as políticas públicas voltada à agricultura.

REFERÊNCIAS

- ALAM, A. *et al.* Morpho-physiological and mineral nutrient characterization of 45 collected Purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 426-437, 2014.
- ALVES, C. Q. *et al.* Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v.33, n.10, p.2202-2210, 2010.
- ATANASOV, A.G. *et al.* Discovery and resupply of pharmacologically active plantderived natural products: A review. **Biotechnology Advances**, v.33, n.8, p.1582-1614, 2015.
- BATISTA, M. R. A. *et al.* **Seleção de populações de espécies alternativas para uso na olericultura da Amazônia. Agricultura familiar no Amazonas: conservação dos recursos ambientais.** Manaus: Weg, p. 41-56, 2013
- BETTINI, M.O. *et al.* Enzimas antioxidativas em tecidos vegetais. In BROETTO, F. **Métodos de trabalho em bioquímica vegetal e tecnologia de enzimas**, Cultura Acadêmica, Editora UNESP, Botucatu: IBB, 2014.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Alimentos regionais brasileiros.** Ministério da Saúde, 2002.
- BRASIL. **Manual de Hortaliças não convencionais.** Brasília: Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. 92p. 2010

BRASIL, Portaria interministerial, nº 284, de 30 de maio de 2018. Institui a lista de espécies da sociobiodiversidade, para fins de comercialização in natura ou de seus produtos derivados, no âmbito das operações realizadas pelo Programa de Aquisição de Alimentos – PAA. **Diário Oficial**, Brasília, DF, 10 de julho de 2018. Seção 1, p. 92.

CARDOZO-JÚNIOR, E.L. *et al.* Methylxanthines and phenolic compounds in mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) progenies grown in Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n.7, p.553–558, 2007.

CARVALHO, J. M. F. C.; ARAÚJO, S. de S.; DA SILVA, M. A. Preservação e intercâmbio de germoplasma. **Embrapa Algodão-Documentos** (INFOTECA-E), 2008

CAVENDISH, R.L. *et al.* Antinociceptive and anti-inflammatory effects of Brazilian red propolis extract and formononetin in rodents. **Journal of Ethnopharmacology Journal of Ethnopharmacology**, v.173, n.15, p.127- 133, 2015.

CHAN, K. *et al.* The analgesic and anti-inflammatory effects of *Portulaca oleracea* L. subsp. *sativa* (Haw.). *Celak. J. Ethnopharmacol.* n. 73, p. 445–451.2000

CHAPMAN, J. *et al.* Archaeological evidence for precolumbian introduction of *Portulaca oleracea* and *Mollugo verticillata* into Eastern North America. **Economic Botany**, v. 28, n. 4, p. 411-412, 1974.

CHEN, Y. X. *et al.* Molecular evaluation of herbal compounds as potent inhibitors of acetylcholinesterase for the treatment of Alzheimer's disease. **Mol. Med. Rep.**, n. 14, p. 446–452. 2016

CHOWDHARY, C. V. *et al.* A review on phytochemical and pharmacological profile of *Portulaca oleracea* Linn. (Purslane). **International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy (IJRAP)**, v. 4, n. 1, p. 34-37, 2013.

CITRON, B.A. *et al.* Membrane lipid peroxidation in neurodegeneration: Role of thrombin and proteinase-activated receptor-1. **Brain Research**, v.15, n.1643, p.10-17, 2016.

COSTA, D.C. *et al.* Advances in phenolic compounds analysis of aromatic plants and their potential applications. **Trends in Food Science e Technology**, v.45, n.2, p. 336-354, 2015.

DORRA S. *et al.* Morphological Traits and Phenolic Compounds in Tunisian Wild Populations and Cultivated Varieties of *Portulaca oleracea* L. **Agronomy**, v.10, n.948, p.1-14, 2020

EGEA-GILABERT, C. *et al.* Characterization of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions: Suitability as ready-to-eat product. **Scientia Horticulturae**, v. 172, p. 73-81, 2014.

FAO. Biodiversity for a world without hunger. Plants. Disponível em: <<http://www.fao.org/biodiversity/components/plants/en/>>. Acesso em 15 abr. 2020.

GURNANI, N.; MEHTA, D.; GUPTA, M.; MEHTA, B.K. Natural Products: Source of Potential Drugs. **Journal of Basic and Applied Scientific Research**, v.6, n.6, p.171-186, 2014.

IRANSHAHY M, *et al.* A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Portulaca oleracea* L. **J Ethnopharmacol.** n.205: p. 158–172. 2017

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. de. Hortaliças não convencionais. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 3, jul.-set. 2006.

KINUPP, V. F.; DE BARROS, I. B. I. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 63-65, 2007.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil:** guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 768 p.

KOKUBUGATA, G. *et al.* Taxonomic reexamination of *Portulaca boninensis* (*Portulacaceae*) in the Bonin (Ogasawara) Islands of Japan using molecular and morphological data. **Phytotaxa**, v. 217, n. 3 p.279–287. 2015

KUMAR, B. S. A.; *et al.* Pharmacognostical studies of *Portulaca oleracea* Linn. **Revista Brasileira Farmacognosia.** n.18, p.527–531. 2008,

LACHAT, C. *et al.* Dietary species richness as a measure of food biodiversity and nutritional quality of diets. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 1, p. 127-132, 2018.

LAGO, C. *et al.* Development and study of a maize cultivar rich in anthocyanins: coloured polenta, a new functional food. **Plant Breeding**, v.133, n.2, p.210-217, 2014.

LIMA, D. M. **Tabela brasileira de composição de alimentos:** TACO. Nepa-Unicamp, 2006.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas.** São Paulo: Instituto Plantarum, 2008. 382p.

MADEIRA, N. R.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; GIORDANO, L. de B. Contribuição portuguesa à produção e ao consumo de hortaliças no Brasil: uma revisão histórica. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 428-432, 2008.

MAILLOUX, R.J. *et al.* Redox regulation of mitochondrial function with emphasis on cysteine oxidation reactions. **Redox Biology**, v.19, n.2, p.123–139, 2014.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020. Manual de hortaliças não-convencionais. Brasília: MAPA/ACS, 92 p. Disponível em http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Qualidade/Qualidade%20dos%20Alimento%20s/manual%20hortali%C3%A7as_WEB_F.pdf. Acessado em 10 de março de 2020.

- MELO, A. M. T. Hortaliças subutilizadas e sua importância no contexto da agricultura familiar. Palestra ministrada no **47º Congresso Brasileiro de Olericultura**, Porto Seguro-BA. 2007.
- MITICH, L. W. Common purslane (*Portulaca oleracea*). **Weed Technology**, v. 11, n. 2, p. 394-397. 1997.
- MUCHUWETI, M. *et al.* Phenolic composition and antioxidant properties of some spices. **American Journal of Food Technology**, v.2, n.5, p.414-420. 2007.
- NEMZER, B. *et al.* Phytochemical composition and nutritional value of different plant parts in two cultivated and wild purslane (*Portulaca oleracea* L.) genotypes. **Food Chemistry**, p. 126621, 2020.
- NUNES, R. S. C. *et al.* Polymorphic microsatellites of analysis in cultivars of taro. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.106-111. 2012.
- NYFFELER, R.; EGGLI, U. Disintegrating *Portulacaceae*: a new familial classification of the suborder Portulacineae (Charyophyllales) based on molecular and morphological data. **Taxon** n. 59 p. 227–240, 2010.
- OCAMPO, G.; MAIR-SANCHEZ, L. Diversification of inflorescence types in *Portulaca* (*Portulacaceae*) and its systematic implications. **Phytotaxa**, v. 358, n. 2, p. 189-197, 2018.
- RASHED, A. Simple evaluation of the wound healing activity of a crude extract of *Portulaca oleracea* L. (growing in Jordan) in *Mus musculus* JVI-1. **Journal Ethnopharmacology** n. 88, p. 131–136. 2003.
- ROHRBACH, P. *Portulacaceae*. In: C.F.P. Martius e A.G. Eichler (eds.) **Flora Brasiliensis** 14 (2): 293-306, 1872.
- SÁ, T. S., *et al.* Coleções de plantas alimentícias não Convencionais na Universidade Federal da Bahia. In: Benedito Rodrigues da Silva Neto (Org). **Inventário de Recursos Genéticos**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 53-65.
- SALAH, K. B. H.; CHEMLI, R. Variabilité phénotypique de quelques populations de Pourpier (*Portulaca oleracea* L.) en Tunisie. **Acta botanica gallica**, v. 151, n. 1, p. 111-119, 2004.
- SHAHIDI, F. *et al.* Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications. **Lancaster: Technomic**; 1995.
- UDDIN, K. *et al.* Purslane Weed (*Portulaca oleracea*): A Prospective Plant Source of Nutrition, Omega-3 Fatty Acid, and Antioxidant Attributes. **Scientific World Journal**. V:2014, 6 pp. 2014.
- VIANA, M. *et al.* Phytochemical composition and antioxidant potential of unconventional vegetables. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 504-509, 2015.

XIANG, L. *et al.* Alkaloids from *Portulaca oleracea* L. **Phytochemistry**. n. 66, p. 2595–2601, 2005.

XIN, H.-L.; XU, Y.-F.; HOU, Y.-H.; ZHANG, Y.-N.; YUE, X.-Q.; LU, J.-C.; LING, C.-Q. Two Novel Triterpenoids from *Portulaca oleracea* L. **Helvetica Chimica Acta**, n. 91, p. 2075–2080. 2008a.

XIN, H. L. *et al.* Portulacerebroside: A New Cerebroside from *Portulaca oleracea* L. **Chinese Journal of Natural Medicines**, n.6, p. 401–403, 2008b.

YANG, Z.; *et al.* Phenolic alkaloids as a new class of antioxidants in *Portulaca oleracea*. **Phytother. Res.**, n.23, p. 1032–1035, 2009.

YAN, J.; SUN, L.-R.; ZHOU, Z.-Y.; CHEN, Y.-C.; ZHANG, W.-M.; DAI, H.-F.; TAN, J.-W. Homoisoflavonoids from the medicinal plant *Portulaca oleracea*. **Phytochemistry** n. 80, p. 37–41, 2012.

ZHOU, Y. *et al.* *Portulaca oleracea* L.: a review of phytochemistry and pharmacological effects. **BioMed research international**, v. 2015, 2015.

CAPÍTULO 1

BELDROEGA (*Portulaca oleracea* L.): RECURSO GENÉTICO E GASTRONÔMICO IMPORTANTE MUNDIALMENTE¹

¹Capítulo a ser formatado e submetido ao periódico *Rodriguésia*.

BELDROEGA (*Portulaca oleracea* L.): RECURSO GENÉTICO E GASTRONÔMICO IMPORTANTE MUNDIALMENTE

RESUMO: *Portulaca oleracea* L. É uma espécie herbácea e suculenta com uso alimentar conhecido há milhares de anos. Está distribuída em toda a região tropical do planeta. Seu uso declinou por motivos diversos, mas atualmente, pelo seu alto valor alimentício e medicinal, tem voltado a receber atenção embora ainda seja subutilizada em todos os locais em que ocorre. Esse trabalho analisa a distribuição geográfica da espécie e sua importância como recurso genético e como recurso alimentício, considerando aspectos nutricionais e gastronômicos através de uma revisão da bibliografia. O fomento ao seu cultivo é viável considerando que, pelo seu hábito invasor, adapta-se a diferentes ambientes, inclusive os secos e salinos podendo ter papel relevante na garantia de uma melhor nutrição e a segurança e soberania alimentar das populações.

Palavras-chave: PANC (Plantas Alimentícias Não Convencionais), segurança alimentar, soberania alimentar, recursos genéticos vegetais.

ABSTRACT: *Portulaca oleracea* L. Is an herbaceous and succulent species whose alimentary use is known for millennia. It is distributed in all tropical regions of the planet. Its use has declined for diverse reasons, but today, for its high nutritional value and medicinal properties, it has come to attentions, though it is still underutilized wherever it occurs. This paper analyses geographical distribution of the species and its importance as a genetic resource and as food resource considering its nutritional and gastronomic potentials through revision of the literature. The promotion of its cultivation is viable considering it is an invasive habit, being able to adapt to different environments, including dry and saline. It may play a key role in assuring better nutrition and food security and sovereignty of populations.

Keywords: NUS. Food security, Food sovereignty, Plant genetic resources.

INTRODUÇÃO

Portulaca oleracea L. (inglês: purslane, purslave, pursley, pusley; espanhol e catalão: verdolaga, verdalaga, buglosa, hierba grasa, porcelana, tarfela, peplide, colchón de niño, flor de las, flor de un día,; basco: ketozki, ketorki, getozca; francês: pourpier, portulache; português e galício: beldroega, bredo-femea, baldroaga), é uma planta herbácea suculenta, anual, de hábito prostrado a semiereto, com caule de coloração variando do verde ao vermelho intenso, folhas obovadas, flores solitárias de coloração amarela, rosa, magenta ou branca, fruto tipo cápsula deiscente contendo numerosas sementes com menos de um milímetro de comprimento (KINUPP; LORENZI, 2014).

Nos últimos anos tem ocorrido um crescente interesse no incremento da biodiversidade alimentar, em especial com a popularização e divulgação das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC). Dentre estas, a beldroega, que se encontra distribuída em todas as regiões tropicais do planeta. Seu uso alimentar é conhecido há milhares de anos (MITICHI, 1997) e embora seu uso ainda seja comum em algumas populações, constitui uma planta desconhecida pela maioria das pessoas embora, seja uma espécie de destacado valor alimentício.

Os relatos do seu uso alimentar são dispersos, mas é possível encontrar pratos tradicionais como a sopa de beldroegas em Portugal ou *salsa verde com verdolagas* no México ou a salada *Fattoush* no oriente médio. Mitichi (1997) incluem seu emprego como sucedâneo do espinafre (embora na Europa o cultivo da beldroega seja anterior, sendo então substituído por esta espécie), usado para engrossar sopas, na forma de pickles ou ainda secas, podendo ser então cozidas ou trituradas e usadas em preparações ou misturada a farinhas. Kinupp e Lorenzi (2014) sugerem, dentro dos diversos usos culinários, o consumo de folhas e talos crus, cozidos ou refogados, na forma de bolinhos e das suas sementes em pães, brotos como decoração e até mesmo o uso das cinzas como sal nas preparações.

A *Portulaca oleracea* é listada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma das plantas comestíveis e medicinais amplamente utilizada em países mediterrâneos, centro europeus e asiáticos, por ser rica em nutrientes, vitaminas e minerais (IRANSHAHY *et al.* 2017). No Brasil ela também é considerada como planta do futuro pela Embrapa (BRASIL, 2016) pelo seu fácil cultivo, alto valor nutritivo e por ser a maior fonte de ômega-3 dentre os vegetais folhosos (UDDIN *et al.*, 2014).

O uso alimentar desta espécie está bem registrado na história da humanidade bem como os benefícios acerca do seu consumo. Este trabalho tem por objetivo investigar o valor da

beldroega (*Portulaca oleracea* L.) como recurso genético para alimentação, para a segurança e soberania alimentar.

METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica sobre a importância da beldroega como recurso genético, seu potencial para produção e alimentação humana. Foram feitas buscas em bases de dados disponíveis, utilizando diversas palavras chave nos campos de busca, tanto em inglês como em português.

A partir da triagem e leitura da bibliografia consultada, traçamos nossa discussão em relação ao uso da beldroega como recurso genético e gastronômico, incluindo suas potencialidades e benefícios para a saúde e para a segurança alimentar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Na literatura não existe consenso sobre a origem e dispersão da espécie. Há registro de sua origem na Índia (MATTHEWS *et al.*, 1993). O mesmo autor considera ainda a hipótese de uma linhagem ancestral originária da Austrália. Bermejo e León (1994) consideram que a distribuição original da espécie vai do Himalaia ocidental ao sul da Rússia e Grécia. Registra-se também ocorrência na Grécia há mais de 2.000 anos (MITICHI, 1997), embora não esteja claro se seu uso era para fins alimentícios. É possível encontrar na literatura associação da origem à Europa, à África, à Ásia ou mesmo como nativa das Américas (PROCTOR *et al.*, 2011). Rao (2013), adicionalmente, aponta o Norte da África, Oriente Médio e continente indiano como para áreas onde a *Portulaca oleracea* L. ocorre de forma nativa.

A presença em outras localidades, onde teria se naturalizada, se justifica pelo hábito invasor da planta (RAO, 2013). Segundo Bermejo e León (1994), a beldroega, foi uma das plantas hortícolas mais difundidas no Velho Mundo, desde tempos distantes. Câmara (2010) associa que essa difusão passa pelas antigas civilizações grega e romana. A sua propagação pelo sul do Mediterrâneo foi, então, natural.

Nas Américas, teria sido introduzida pelos colonizadores europeus, onde se naturalizou (MATTHEWS *et al.*, 1993; BERMEJO; LEÓN, 1994). Existe, entretanto, autores que apontam a origem da América ou, pelo menos, a sua presença em épocas pré-colombianas, devido a restos arqueológicos de pólen e sementes e à diversidade de espécies do gênero (BYRNE;

MCANDREWS, 1975; BRAVO *et al.* 2017). Chapman *et al.* (1974) estudaram evidências paleoetnobotânicas e identificaram sementes de beldroega em assentamentos humanos na América do Norte que datam de 2500 a 3000 anos atrás, mostrando que, qualquer que seja a origem da espécie, a sua dispersão é muito antiga, incluindo o seu uso alimentar, uma vez que, sementes foram identificadas em paleofezes. Uma possível transferência da beldroega do Velho Mundo para a América do Norte poderia ser atribuída aos vikings durante ocupação da Groenlândia e Terra Nova e Labrador (BYRNE; MCANDREWS, 1975).

BELDROEGA COMO RECURSO GENÉTICO

A distribuição de *Portulaca oleracea* se dá em todos os continentes, podendo ser encontrada espontaneamente ou cultivada. Devido a sua rusticidade pode ser explorada em diversas regiões por ser uma cultura resistente a salinidade, a seca, e a deficiência de nutrientes (; BRASIL, 2002; FRANCO *et al.*, 2011; REN *et al.*, 2011; ALAM *et al.*, 2014a).

Alam *et al.* (2014b) identificaram acessos de beldroega tolerantes à salinidade, os quais não reduziram a produção de massa seca mesmo em condições de alta condutividade elétrica do substrato, de 30 dS m⁻¹ e 40 dS m⁻¹. Mulry *et al.* (2015) estudaram a tolerância da beldroega à salinidade e verificaram que a planta suportou altos níveis de NaCl sem que houvesse perdas produtivas.

Yang *et al.* (2012) ao comparar o efeito de altas temperatura (35 °C) e umidade relativa (90%) na viabilidade de plantas de *Arabidopsis thaliana*, considerada modelo na expressão de genes de resistência, e de beldroega, constataram que as folhas de beldroega permaneceram esverdeadas e vigorosas, enquanto que folhas de *A. thaliana* ficaram amarelas e murchas e, metade das plantas morreram. Evidenciado, portanto, que a beldroega usa estratégias bioquímicas múltiplas de adaptação a temperaturas altas e alta humidade. D'Andrea *et al.* (2015) identificaram os genes envolvidos na termo-tolerância da beldroega e ressaltaram a importância destes na indução de tolerância à dessecação também em outras espécies cultivadas. Tais atributos vêm despertando interesse no meio científico como fonte de gene a ser agregado em trabalhos de melhoramento genético.

Outro atributo importante da cultura é seu mecanismo PEPC (C4- PEPC e CAM-PEPC), ou seja, na planta ocorre a coexistência dos dois mecanismos. Assim, a *P. oleracea* consegue realizar o mecanismo C4 quando está bem hidratada e muda para o CAM quando está em déficit hídrico. Tais adaptações ecológicas distintas, garante à planta um melhor desempenho fotossintético em altas temperaturas e intensidades luminosas, bem como em condição de baixa

disponibilidade de água. Essa transição do metabolismo C4 para CAM só foi descrita na espécie *Portulaca oleracea* L. por D'Andrea *et al.*, 2014.

Nemzer *et al.* (2020) ao avaliar genótipos comestíveis e selvagens de *Portulaca oleracea* L. em regiões da Europa, Ásia, Oriente Médio, África e Austrália, observaram que o material cultivado continha maiores quantidades de aminoácidos e vitaminas comparado aos selvagens. Entretanto, quanto aos teores de ácidos fenólicos, ácidos orgânicos, flavonóides, alcalóides e betanina, constataram maior abundância nos genótipos selvagens, chegando a duas vezes mais do que nos cultivados.

Pesquisa envolvendo a avaliação do comportamento de dois ecotipos (ET e RN) de plantas de *Portulaca oleracea*, em dois níveis de salinidade (0, 50 mM NaCl) e três proporções de nitrato: amônio (0: 100%; 33: 66%; 25: 75% $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$), na produção de biomassa, revelaram que ambos os ecotipos expostos a elevada concentração de NO_3^- , mostraram severa clorose nas folhas, alto nível de ácido oxalacético (AO), ácido cítrico e ácido málico, enquanto que o ecotipo ET exposto a elevada concentração de NH_4^+ (33% e 75%) e 50 mM NaCl exibiu uma marcante redução no conteúdo de AO e incrementou o teor de clorofila, carotenoide, proteína bruta, ácido graxo total (TFA) e ácido α -linolênico (ALA) melhorando assim a qualidade da folha. Possivelmente tais resultados sugerem que o ecótipo ET lida com solução salina e NH_4^+ elevada por meio de mudanças nos metabólitos das folhas (CAMALLE *et al.* 2020). Este estudo também permite inferir a possibilidade de maior exploração geográfica nos biomas com a cultura, mantendo alta produção de biomassa, e baixa concentração de AO.

Acessos de *Portulaca* apresentam diferentes quantidades de ômega-3 e ômega-6, os quais possuem atividade antioxidante, destruindo os radicais, além de flavonoides, dentre outros componentes bioativos, o que confere a cultura propriedades farmacológicas podendo atuar no controle de várias doenças (EGEA-GILABERT *et al.*, 2014, MELILLI *et al.* 2020).

O uso de espécies nativas de *Portulaca* com potencial ornamental tem sido registrado no Canadá (LIM; QUAH, 2007), Argentina (SOTO *et al.*, 2011) e Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Quanto ao seu potencial alimentício estudos sobre a diversidade morfológica, genética e nutricional apontam grande variabilidade. Alam *et al.* (2014) encontraram grande variabilidade em características morfológicas e fisiológicas em 45 diferentes acessos de beldroega na Malásia, onde diferentes teores de minerais podiam variar em quase 100%.

Egea-Gilabert *et al.* (2014) estudaram diversos acessos de beldroega visando a sua caracterização e viabilidade de introdução como cultivo comercial para a alimentação humana e identificaram, dentre o material estudado, uma variedade promissora pelo seu elevado peso

seco, altos teores de potássio e baixo conteúdo de oxalato (fator antinutricional que dificulta absorção de íons bivalentes e que, em grande quantidade é tóxico). Relatos de pesquisas em variedades de beldroega na Tunísia revelaram diferenças no fenótipo e no vigor das plantas entre populações espontâneas e cultivadas, indicando algum grau de seleção de variedades e seu uso potencial para diferentes finalidades na alimentação (SALAH e CHEMLI 2004).

Outros estudos ainda revelam que a diversidade de genótipos de beldroega retrata que os diferentes órgãos da planta apresentam diversidade quanto aos conteúdos e níveis dos compostos bioativos em relação a origem geográfica (NEMZER *et al.*, 2020; DORRA *et al.* 2020).

O avanço em reconhecer a beldroega como recurso genético, seja pela valorização da hortaliça para maior inserção no mercado, seja com criação de programas de melhoramento, depara com desafios para tornar a beldroega mais comercializável. Sobretudo relacionado a distribuição do produto assegurando volume e frescura. Com esta limitação, não há incentivo para que as pequenas propriedades ou empresas domésticas produzam ou usem, mesmo que a espécie seja altamente valorizada. Por outro lado, o consumo e comercialização local, deve ser estimulado porque assegura uma conservação *on farm* e a manutenção do conhecimento sobre uso alimentício desta planta.

Recentemente, no Brasil, foi instituída uma portaria, com uma lista de espécies da sociobiodiversidade para fins de comercialização para uso alimentares de algumas espécies consideradas tradicionais subutilizadas (BRASIL, 2018) e dentre elas se encontra a beldroega que é considerada uma espécie de uso econômico potencial para o país (CORADIM, *et al.*, 2011; VIEIRA *et al.*, 2018).

Portanto, considerando o uso tradicional da *Portulaca* como hortaliça, os valores nutricionais, medicinais e ornamentais, bem como a sua sobrevivência e desenvolvimento nas adversas condições climáticas e edáficas, a elaboração de mapa genético da cultura pode explicar como as estratégias bioquímicas de sobrevivência se conectam, viabilizando assim iniciativas futuras de bioengenharia para manipular tais mecanismos com outras culturas de interesse econômico. Tal estratégia só será possível diante do conhecimento da diversidade genética da cultura.

BELDROEGA COMO RECURSO ALIMENTÍCIO

Nos locais onde ocorre e cujo uso alimentar ainda está presente, a beldroega é consumida como hortaliça de folhas, cruas ou cozidas. As sementes também são comestíveis.

Seu uso é mencionado por Columela, escritor romano do primeiro século, que menciona a beldroega consumida em conserva com vinagre e sal (BERMEJO; LEÓN, 1994).

Podem ser utilizadas em refogados, sopas, caldos, saladas e molhos. As suas folhas são suculentas e apresenta sabor ácido agradável e pode conferir aos caldos e outros preparos aspecto cremoso devido à mucilagem presente (RAO, 2013; MADEIRA *et al.*, 2018).

Na Inglaterra do século XVII, os cozinheiros de Carlos II costumavam acrescentar folhas de beldroega a todas as saladas, talvez para satisfazer o gosto do rei ou, ainda, por suas propriedades digestivas. As folhas jovens picadas eram misturadas com o dobro da quantidade de folhas de alface, cerefólio, flores de borragem e pétalas de calêndula, sendo a mistura coberta com óleo e suco de limão. A receita é semelhante à mencionada por Tirso de Molina, dramaturgo espanhol que viveu à mesma época: "Vou acrescentar coentro verde, agrião de jardim, beldroegas, borragem e hortelã". Não apenas as folhas, mas também os caules e plântulas sem raízes podem ser consumidos crus e frescos (BERMEJO; LEÓN, 1994).

No Brasil foi registrado pelos grandes naturalistas von Spix e von Martius, em 1819 o consumo da *Portulaca pilosa* L. e *P. oleracea* que eram cultivadas e consumidas em substituição ao espinafre (BRUNO, 2000).

Outros usos por populações são relatados por Mitichi (1997) e incluem seu emprego como sucedâneo do espinafre (embora na Europa o cultivo da beldroega seja anterior, sendo então substituído por esta espécie), usado para engrossar sopas, na forma de pickles ou ainda secas, podendo ser então cozidas ou trituradas e usadas em preparações ou misturada a farinhas. Ainda são registradas sugestões do uso das folhas em bolos, bolinhos, pães e omeletes; das suas sementes em pães; os brotos como decoração e até mesmo o uso das cinzas como sal nas preparações (PESCE, 2011; KINUPP e LORENZI, 2014).

Seu uso é registrado em países Europeus como Espanha, na França, integrando a sopa *bonne femme*. Em Portugal é componente principal de uma sopa típica. Na Grécia, além destes usos, é cozida juntamente com aves e usada como chá para dores de garganta e ouvido. Outras receitas tradicionais são, a *salsa verde com verdolagas* no México ou a salada *Fattoush* no oriente médio. Na América do Norte tem sido consumida pelo seu reconhecido valor nutricional (BERMEJO; LEÓN, 1994; SIMOPOULOS, 1999).

Em geral, o cultivo é limitado e o consumo se dá sobretudo da planta coletada em ambiente silvestre e ruderal, como ocorre, por exemplo no México, na Argentina e no Brasil (El JACK, 2004; KINUPP; BARROS, 2007; MADEIRA *et al.*, 2018)

Souza *et al.* (2019) estudaram a aceitabilidade e valor nutricional de risoto com beldroegas, com 33 avaliadores não treinados que avaliaram a aceitabilidade da preparação em

sabor, textura, aroma, cor e impressão global, tendo havido aceitação de 100%, com alto conceito para todos os aspectos.

Embora o registro de uso alimentar da beldroega seja extenso, trabalhos avaliando a sua toxicidade são necessários para fomentar o uso mais seguro da espécie como hortaliça. Mitichi (1997) traz diferentes estudos que relatam tanto a segurança como a toxicidade da planta para animais, contudo a toxicidade por oxalato (agente quelante de íons bivalentes e que pode causar irritação em altas concentrações) e nitratos muito provavelmente estão associados a plantas crescendo em solos ricos em nitrogênio.

Poeydomenge e Savage (2007) avaliaram o conteúdo de oxalato em beldroega crua e cozida em água por cinco minutos e encontraram reduções significativas dos teores de oxalato, o que pode promover um uso mais seguro da planta na alimentação diária. Os mesmos autores ainda associam o acúmulo de oxalato devido ao metabolismo de nitrogênio, o que explicaria a toxicidade encontrada nos estudos discutidos por Mitichi (1997), indicando que a quantidade de nitrogênio no solo tem efeito sobre o acúmulo de oxalato na espécie, mas que variedades com menores concentrações de oxalato podem ser desenvolvidas, assim como foi feito para o ruibarbo.

Egea-Gilabert, *et al.* (2014) identificaram entre diversos acessos estudados um baixo conteúdo de oxalato. Segundo Petropoulos *et al.* (2016), práticas de cultivo e seleção genética tem permitido alterar o conteúdo dos principais componentes bioativos e conseqüentemente aumentar o valor agregado do produto final.

A beldroega foi utilizada extensamente na alimentação humana no passado, mas caiu em desuso. Isto deve-se a característica da cultura de produzir sementes em grande quantidade, as quais são de fácil dispersão e com a capacidade de permanecer viáveis por muitos anos no solo, o que a tornam uma espécie competidora das cultivares comerciais (MIYANISHI; CAVERS, 1980; KINUPP; LORENZI, 2014; MADEIRA *et al.*, 2018),

Esse declínio no cultivo do uso iniciou-se entre os séculos XVI e XVIII (CÂMARA, 2010). Entretanto seu uso resiste como consumo tradicional a partir de extrativismo de plantas espontâneas. A espécie é também usada como forragem para o gado e na alimentação de aves domésticas para reduzir o colesterol dos ovos e melhorar a qualidade da carne (RAO, 2013; MADEIRA *et al.*, 2018). Apenas recentemente, pela busca de alimentos alternativos e saudáveis a espécie vem sendo estudada como uma opção viável para cultivo e alimentação.

O uso como planta alimentícia tem sido registrada na: a) Europa - Espanha, Portugal, Reino Unido, Holanda; b) Ásia - Índia, Arábia Saudita, Vietnã, Oriente Médio; c) África - Nigéria, África do Sul; d) Oceania - Austrália (DANIN *et al.*, 1978) e nas Américas - Costa

Rica, Brasil, Venezuela, Argentina (SALVI, 2016; BRAVO *et al.*, 2017; VU; NGUYEN, 2017; UMERAH; NNAM, 2019).

O interesse pelo cultivo de beldroega (*Portulaca oleracea* L.) como cultura alimentar tem aumentado desde a sua identificação como excelente fonte de alguns compostos biologicamente ativos considerados essenciais para a promoção da saúde humana e prevenção de doenças. Apresenta altos valores nutricionais, destacando-se, sobretudo no conteúdo de minerais como ferro, fósforo, enxofre, cálcio, cobre, potássio, sódio, magnésio e lítio; altos níveis de ácidos graxos, a-tocopherol, e ácido fólico; vitaminas A, C, B1, B2 e carotenoides (OLIVEIRA *et al.*, 2013; ALAM *et al.*, 2014a, EGEEA-GILABERT *et al.*, 2014; GAHUKAR, 2014; VIANA *et al.*, 2015; UMERAH e NNAM, 2019). Entretanto, a quantidade e qualidade de tais elementos é variável conforme o genótipo e distribuição geográfica (LIM; QUAH 2007; ALAM *et al.* 2014a).

Como alimento, mostra-se um recurso valioso, no tocante aos aspectos nutricional e valorização de produtos tradicionais, o que estaria associado aos esforços para o alcance de uma soberania e segurança alimentar. A alimentação constitui um tópico central para a humanidade e recentemente temos visto um crescente interesse na diversificação das bases alimentares. Nos últimos 12 000 anos o homem selecionou espécies e variedades de interesse para o cultivo com finalidade alimentar; entretanto, esta seleção estreitou o número de espécies que utilizamos a tal ponto, que hoje apenas 30 espécies representam 95% do aporte calórico de origem vegetal e somente o trigo, arroz, batata e milho são responsáveis por 60% das calorias consumidas de acordo com Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2020).

O número reduzido de espécies cultivadas constitui uma vulnerabilidade para a segurança alimentar, uma vez que qualquer declínio na produção de quaisquer dessas espécies pode acarretar grandes problemas no suprimento de alimentos. De acordo com Lachat *et al.* (2018), uma alta biodiversidade alimentar está associada a uma dieta mais adequada, tanto em calorias como em nutrientes. A preocupação com a segurança alimentar e a valorização de ingredientes tradicionais de movimentos como o *slowfood* procuram divulgar espécies pouco utilizadas e fomentar a sua produção e consumo.

REFERÊNCIAS

ALAM, A. *et al.* Morpho-physiological and mineral nutrient characterization of 45 collected purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 426-437, 2014a.

ALAM, A. *et al.* Genetic improvement of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) and its future prospects. **Molecular biology reports**, v. 41, n. 11, p. 7395-7411, 2014b.

BERMEJO, J. E. H.; LEÓN, Jorge (Ed.). Neglected crops: 1492 from a different perspective. **FAO**, 1994.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Alimentos regionais brasileiros. **Ministério da Saúde**, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2016. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o Futuro: Região Centro-Oeste**. Roberto Fontes Vieira (Ed.). Julcécia Camillo (Ed.). Lidio Coradin (Ed.). – Brasília, DF: MMA, 2016.

BRASIL, Portaria interministerial, nº 284, de 30 de maio de 2018. Institui a lista de espécies da sociobiodiversidade, para fins de comercialização in natura ou de seus produtos derivados, no âmbito das operações realizadas pelo Programa de Aquisição de Alimentos – PAA. **Diário Oficial**, Brasília, DF, 10 de julho de 2018. Seção 1, p. 92.

BRAVO, M. *et al.* Bioinventario de especies subutilizadas comestibles y medicinales en el norte de Venezuela. **Boletín latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas**, v. 16, n. 4, p. 347-360, 2017

BRUNO, E. S. Equipamentos, usos e costumes da casa brasileira: **Costumes**. EdUSP, 2000.

BYRNE, R.; MCANDREWS, J. H. Pre-Columbian purslane (*Portulaca oleracea* L) in the New World. **Nature**, v. 253, n. 5494, p. 726-727, 1975.

CÂMARA, Fortunato da. Alimentos ao sabor da história: receitas e curiosidades. **Colares** Editora, Sintra, 2010.

CAMALLE, M. D. *et al.* Effect of salinity and nitrogen sources on leaf quality, biomass, and metabolic responses of two ecotypes of *Portulaca oleracea*. **Agronomy**, n.10, p. 2-16, 2020.

CHAPMAN, J. *et al.* Archaeological evidence for precolumbian introduction of *Portulaca oleracea* and *Mollugo verticillata* into Eastern North America. **Economic Botany**, v. 28, n. 4, p. 411-412, 1974.

CORADIN, Lidio; SIMINSKI, Alexandre; REIS, Ademir. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, p. 478-493, 2011.

DANIN, A. *et al.* Cytogeography and taxonomy of the *Portulaca oleracea* L. polyploid complex. **Israel Journal of Botany**, v. 27, n. 3/4, p. 177-211, 1978.

D'ANDREA, R. M.; ANDREO, C. S.; LARA, M. V. Deciphering the mechanisms involved in *Portulaca oleracea* (C4) response to drought: metabolic changes including crassulacean acid-like metabolism induction and reversal upon re-watering. **Physiologia Plantarum**, v.152, n.3, p.414-430, 2014.

- D'ANDREA, R. M.; TRIASSI, A.; CASAS, M. I.; ANDREO, C. S.; LARA, M. V. Identification of genes involved in the drought adaptation and recovery in *Portulaca oleracea* by differential display. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.90, p.38-49, 2015
- EGEA-GILABERT, C. *et al.* Characterization of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions: Suitability as ready-to-eat product. *Scientia Horticulturae*, v. 172, p. 73-81, 2014.
- EL JACK, A.E. *Portulaca oleracea* L. https://uses.plantnet-project.org/en/Main_Page. 2004. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Portulaca_oleracea_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Portulaca_oleracea_(PROTA))>. Acesso em 06 de agosto de 2020.
- FAO. Biodiversity for a world without hunger. Plants. Disponível em: <<http://www.fao.org/biodiversity/components/plants/en/>>. Acesso em 06 de agosto de 2020.
- FRANCO, J. A. *et al.* Effects of salinity on the germination, growth, and nitrate contents of purslane (*Portulaca oleracea* L.) cultivated under different climatic conditions. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 86, n. 1, p. 1-6, 2011.
- GAHUKAR, R. T. Potential of minor food crops and wild plants for nutritional security in the developing world. **Journal of Agricultural & Food Information**, v. 15, n. 4, p. 342-352, 2014.
- IRANSHAHY M, *et al.* A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Portulaca oleracea* L. **J Ethnopharmacol.** n.205: p. 158–172. 2017
- KINUPP, V. F.; DE BARROS, I. B. I. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, n. S1, p. 63-65, 2007.
- KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil:** guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 768 p.
- LACHAT, C. *et al.* Dietary species richness as a measure of food biodiversity and nutritional quality of diets. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 1, p. 127-132, 2018.
- LIM, Y. Y.; QUAH, E. P.L. Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. **Food chemistry**, v. 103, n. 3, p. 734-740, 2007.
- MADEIRA, N. R. *et al.* *Portulaca oleracea*. Beldroega. In: Lidio Coradin; Julcéia Camillo; Frans Germain Corneel Pareyn. (Org.). **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial. Plantas para o futuro:** Região Nordeste. 1ed.Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018, v. 1, p. 262-269.
- MATTHEWS, J. F. *et al.* The biology and taxonomy of the *Portulaca oleracea* L. (*Portulacaceae*) complex in North America. **Rhodora**, p. 166-183, 1993.

- MELILLI, M. G. *et al.* Antioxidant activity and fatty acids quantification in Sicilian purslane germplasm. **Natural Product Research**, v. 34, n. 1, p. 26-33, 2020.
- MITICHI, L. W. Common purslane (*Portulaca oleracea*). **Weed Technology**, v. 11, n. 2, p. 394-397, 1997.
- MIYANISHI, K.; CAVERS, P. B. The biology of Canadian weeds: 40. *Portulaca oleracea* L. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 60, n. 3, p. 953-963, 1980.
- MULRY, K, R.; HANSON, B, A.; DUDLE, D. A. Alternative strategies in response to saline stress in two varieties of *Portulaca oleracea* (Purslane). **PloS One**, v.10, n.9, 2015.
- NEMZER B, AL-TAHER F, ABSHIRU N. Phytochemical composition and nutritional value of different plant parts in two cultivated and wild purslane (*Portulaca oleracea* L.) genotypes. **Food Chemic**. 2020.
- OCAMPO, G.; COLUMBUS, J. T. Molecular phylogenetics, historical biogeography, and chromosome number evolution of *Portulaca* (*Portulacaceae*). **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 63, n. 1, p. 97-112, 2012.
- OLIVEIRA, D. de C. da S. *et al.* Composição mineral e teor de ácido ascórbico nas folhas de quatro espécies olerícolas não-convencionais. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 472-475, 2013.
- PESCE L. C. **Levantamento etnobotânico de plantas nativas e espontâneas no RS: conhecimento dos agricultores das feiras ecológicas de Porto Alegre**. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.
- PETROPOULOS, S. *et al.* Phytochemical composition and bioactive compounds of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) as affected by crop management practices. **Trends in Food Science & Technology**, v. 55, p. 1-10, 2016.
- POEYDOMENGE, G. Y.; SAVAGE, G. P. Oxalate content of raw and cooked purslane. **Journal of food agriculture and environment**, v. 5, n. 1, p. 124, 2007.
- PROCTOR, C. A. *et al.* Vegetative reproduction potential of common purslane (*Portulaca oleracea*). **Weed Technology**, v. 25, n. 4, p. 694-697, 2011.
- RAO, N. K. *et al.* Neglected and underutilized species for food and income security in marginal environments. **Middle East Horticultural Summit** 1051, p. 91-103, 2013.
- REN, S. *et al.* Drought tolerance and AFLP-based genetic diversity in purslane (*Portulaca oleracea* L.). **Journal of Biotech Research**, v. 3, p. 51, 2011.
- SALVI, J.; KATEWA, S. S. A review: underutilized wild edible plants as a potential source of alternative nutrition. **Int J Bot Stud**, v. 1, n. 4, p. 32-36, 2016.
- SIMOPOULOS, A. P. Evolutionary aspects of omega-3 fatty acids in the food supply. **Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids**, v. 60, n. 5-6, p. 421-429, 1999.

SOTO, M. S. *et al.* Exploration and Collection of Ornamental Germplasm Native to Argentina. **Floriculture and Ornamental Biotechnology**, v. 5, n. 1, p. 10-22, 2011.

SOUZA, A. T. R. *et al.* Nutritional analysis and sensory acceptance test of beldroega (*Portulaca Oleracea*). **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 17670-17680, 2019.

UDDIN, K. *et al.* Purslane Weed (*Portulaca oleracea*): A Prospective Plant Source of Nutrition, Omega-3 Fatty Acid, and Antioxidant Attributes. **Scientific World Journal**. V:2014, 6 pp. 2014.

UMERAH, N. N.; NNAM, N. M. Nutritional Composition of Neglected Underutilized Green Leafy Vegetables and Fruits in South East Geo-Political Zone of Nigeria. **Asian Food Science Journal**, p. 1-17, 2019.

VIANA, M. *et al.* Phytochemical composition and antioxidant potential of unconventional vegetables. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 504-509, 2015.

VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: Região Centro-Oeste**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Livro científico (ALICE), 2018.

VU, D. T.; NGUYEN, T. A. The neglected and underutilized species in the Northern mountainous provinces of Vietnam. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 64, n. 6, p. 1115-1124, 2017.

YANG, Y. *et al.* Comparative proteomic analysis of the thermotolerant plant *Portulaca oleracea* acclimation to combined high temperature and humidity stress. **Journal of Proteome Research**, v. 11, n. 7, p. 3605-3623, 2012.

CAPÍTULO 2

CHARACTERIZATION OF PURSLANE (*Portulaca oleracea* L.) ACESSIONS BY MEANS OF MORPHOAGRONOMICAL CHARACTERS, NUTRITIONAL COMPOSITION AND FLOW CITOMETRY¹

¹Capítulo a ser formatado e submetido ao periódico Scientia Horticulturae.

**CHARACTERIZATION OF PURSLANE (*Portulaca oleracea* L.) ACCESSIONS BY
MEANS OF MORPHOAGRONOMICAL CHARACTERS, CENTESIMAL
COMPOSITION AND FLOW CITOMETRY**

ABSTRACT: Purslane (*Portulaca oleracea* L.) is an herbaceous succulent species with Pantropical distribution whose alimentary use is known for thousands of years. Its use has declined for many reasons, but recently, due to its high nutritional and medicinal values, has been given much attention, but still there are many gaps that can subsidize genetic improvement and conservation. In this study we evaluated the potential of 15 accessions as a food resource regarding seed moisture content, germination, morphoagronomical characterization, nutritional characterization and by flow cytometry. Our accessions are distributed along four continents (America, Africa, Europe, and Asia) and seven countries (Brazil, Peru, South Africa, Italy, Greece, Cyprus, and Israel) which makes this the work with broader geographical distribution of purslane. Germination ranged from 86% to 100% and was statistically significant ($p < 0,001$) and befitting with previous data for the species. We produced a descriptor list with 28 characters (10 qualitative and 18 quantitative) with which we evaluated the accessions after 40 days from sowing in greenhouse. Fourteen of the quantitative characters were statistically significant ($p < 0,001$). A cluster analysis showed that accessions from Brazil were grouped in 2 clusters but an accession from Israel was also present. Other clusters did not show groupings that reflected geographical distances. Centesimal composition (moisture, ashes, protein, lipids, and carbohydrates) were also statistically significant ($p < 0,001$) and demonstrated that purslane presents a broad variation of nutritional characteristics that can vary for over 100% between accessions. It is known that the species has varied degrees of ploidy, which was suggested by flow cytometry analysis. DNA content of the accession varied from 7.75 pg to 2.37 pg which corresponds to 854 e 1160 million base pairs respectively. Again, these variations did not correspond to geographical distances. This is the most embracing study on purslane diversity and presents a detailed descriptor list when compared to previous studies. These descriptors allowed the differentiation of the accessions and nutritional parameters showed that there is great variation among different genotypes. We expect that this work contributes significantly to the recognition of purslane as a genetic resource and helps subsidize genetic improvement programs.

Keywords: Morphoagronomical Characterization, Nutritional Characterization, Flow Cytometry, NUS

RESUMO: A beldroega (*Portulaca oleracea* L.) é uma espécie herbácea e suculenta de distribuição pantropical cujo uso alimentar conhecido a milhares de anos. Embora, seu uso tenha declinado por motivos diversos, mas atualmente, pelo seu alto valor alimentício e medicinal, tem voltado a receber atenção, no entanto, ainda existam grandes lacunas em trabalhos que subsidiem programas de melhoramento e conservação. Neste trabalho avaliamos o potencial alimentício de 15 acessos de beldroega pela sua germinação, grau de umidade das sementes, caracterização morfoagronômica, caracterização nutricional e por citometria de fluxo. Os acessos obtidos se distribuem por quatro continentes no Brasil, Peru, África do Sul, Itália, Grécia, Chipre e Israel portanto, de grande abrangência geográfica. O grau de umidade variou de 3,73% e 15,60% ($p < 0,001$) e se trata de dado inédito para a espécie. A germinação das sementes variou de 86% a 100% condizente com dados para a espécie. Produzimos uma lista de descritores com 28 caracteres (10 qualitativos e 18 quantitativos) com os quais avaliamos os acessos após 40 dias da semeadura em casa de vegetação. Quatorze caracteres qualitativos apresentaram diferenças estatisticamente significativos ($p < 0,001$). Uma análise de cluster mostrou que os acessos do Brasil foram agrupados em dois grandes grupos com a presença de um acesso de Israel em um deles. Outros clusters não mostraram agrupamentos que refletissem as distâncias geográficas. A análise nutricional (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos) também mostrou em seus estádios diferenças estatísticas ($p < 0,001$) e demonstra que a beldroega possui grande variação dos caracteres nutricionais podendo variar em alguns estádios, valores de mais de 100%. É sabido que a espécie tem diversos graus de ploidia o que foi sugerido através da citometria de fluxo. A quantidade de DNA dos acessos variou de 7,75 pg a 2,37 pg o que correspondem a 854 e 1160 milhões de pares de base. Novamente, foi observado que a variação desses parâmetros não correspondeu a distâncias geográficas. Este estudo é o mais abrangente quanto à diversidades de acessos de beldroega e apresenta uma lista de descritores mais minuciosa em relação a trabalhos anteriores. Os descritores permitiram a diferenciação dos acessos e os parâmetros nutricionais demonstram que há grande variação dependente do genótipo. Esperamos que este trabalho contribua para o reconhecimento da beldroega como recurso genético e ajude a subsidiar programas de melhoramento.

Palavras-chave: Caracterização morfoagronômica, análise nutricional, citometria de fluxo, PANC (Plantas Alimentícias Não Convencionais)

INTRODUCTION

Purslane, *Portulaca oleracea* L., also known as, purslave, pursley, pusley; is an herbaceous, succulent species with port varying from decumbent to semi-erect with stems that can be green to bright red, obovate leaves, with single flowers which can be yellow, White, pink, or magenta and produces capsules containing many seed that are under 1 mm of length (KINUPP; LORENZI, 2014). Its distribution is Pantropical and its use as food is known for thousands of years, being even grown in Europe but its cultivation declined for several reasons (MITICHI, 1997). Though it is still used by some populations it is unfamiliar for most people despite its high nutritional value.

The species is listed by the World Health Organization (WHO) as the most widely species used as food and medicine in the Mediterranean, European and Asian countries for its nutritional value with high contents of vitamins and minerals (IRANSHAHY *et al.* 2017). In Brazil it is recognised by the Environmental ministry as a plant for the future (BRASIL, 2016), because of its easy cultivation, and high nutritional value being the richest source of omega 3 among all leafy vegetables (UDDIN *et al.*, 2014).

Recently there has been an increase in public and scientific interest in broadening the diversity of species for human consumption and the promotion of food security and sovereignty. In the last 12,000 years humanity has selected species for consumption to the point that today, Thirty species represent 95% of all caloric intake of plant origin and wheat, rice, potato and corn are responsible for 60% of that intake (FAO, 2020). Also, according to Lachat *et al.* (2018) a diverse diet is associated with a more adequate intake of calories and nutrients.

Despite the registers of it being used as food, for many years, purslane has been regarded as a weed and this approach has left many gaps in studies that could subsidize its use as a genetic resource for food or source of biogenic substances. This has changed in more recent literature, with studies that evaluate its potential as a ready to use food source (EGEA-GILABERT *et al.* 2014) and the prospects of different uses for the species (ALAM *et al.* 2014b).

There are many gaps in the knowledge of the species, and they must be addressed so that we can make proper use of this potentially important resource. We must address these gaps to promote the conservation of the species diversity which is important to subsidize genetic improvement programs and biotechnological research (CARVALHO *et al.*, 2008).

Studies in the characterization of plant material of purslane is scarce in the literature and there is no formal descriptor list

Agronomical studies on purslane often focus on single varieties or accession geographically close which makes it difficult to access its diversity properly. Data on germination is available but mainly related to its weediness and not a resource for food. There is no data regarding seed moisture content, and this is a crucial parameter for conservation of germplasm.

There is no formal descriptor list for the species and studies that focused on the characterization often present poor descriptions of the evaluated traits and lack standardization of the age of plants that were evaluated as well as growth conditions. The same is true for nutritional evaluations. The lack of similar methodologies, growth conditions and plant age make it difficult to compare results.

One parameter well reported for the genus *Portulaca* and for *P. oleracea* is the variation on degrees of ploidy. These studies lack diversity of accessions for the species and the data is extremely limited.

In this study we will characterize 15 accessions of *Portulaca oleracea* L. distributed through seven countries that contemplate the Americas, Africa, Europe and Asia on their germination, seed moisture content, morphoagronomical traits, nutritional characteristics and DNA content using flow cytometry.

MATERIALS AND METHODS

ACCESSIONS

Purslane (*Portulaca oleracea* L.) is a widely distributed species occurring in all intertropical regions of the world. Since it has been used as food in different countries, we attained 15 accessions, being seven from Brazil, collected by the author, and the other eight received as donation from a collaborator that range from Peru, Europe, Middle East and Africa. The complete list of accessions can be seen in Table 1.

Original lots of seeds were multiplied in greenhouse in February 2019 in order to attain seeds with the same storage time for further experiments.

Table 1. List of purslane (*Portulaca oleracea* L) accessions of the present study.

| Accession | Country | State/ Province/ Region | District |
|-----------|--------------|----------------------------|------------------|
| TSA01 | Brazil | Bahia | Mucugê |
| TSA02 | Brazil | Bahia | Salvador |
| TSA03 | Brazil | Bahia | Salvador |
| TSA04 | Brazil | Bahia | Cruz das Almas |
| TSA05 | Brazil | Bahia | Irecê |
| TSA06 | Brazil | Bahia | Salvador |
| TSA07 | Brazil | Bahia | Salvador |
| TSA08 | Greece | Chios | Pirgi |
| TSA09 | Greece | Kos | Kos |
| TSA10 | South Africa | Western Cape | Cape Town |
| TSA11 | Israel | Central District | Gan Yavne |
| TSA12 | Cyprus | South Aegean | Deftera |
| TSA13 | Peru | Madre de Dios | Puerto Maldonado |
| TSA14 | Italy | Friul-Veneza Júlia | Udina |
| TSA15 | Israel | Central District | Netanya |

Font: Author.

SEED MOISTURE CONTENT AND GERMINATION

Seed parameters such as moisture content and germination are important characteristics of any crop and germplasm conservation. Moisture content was assessed using three repetitions of one hundred seeds. Recipients weights were used as tare and after placing the seeds they were weighed again. The seeds were dried in stove at 130 °C for one hour following the International Seed Testing Association (ISTA, 1999). After been left to cool in a desiccator they were weighed again, and the moisture content was determined subtracting the dried weight from the fresh weight minus the tare. Later the gravimetric data was transformed in percentages.

To determine seed germination, we decided to conduct an in-vitro experiment. One hundred seeds of each accession distributed at random in ten repetitions of ten seeds. The seeds were disinfested by immersion in water and detergent for 10 minutes and then rinsed three times in distilled water. Then seeds were immersed for 2 minutes in ethanol 70% followed by immersion in hypochlorite (2-2.5%) for 10 minutes and then rinsed three times in distilled water. We inoculated the seeds in ½ MS medium (MURASHIGE; SKOOG, 1962) with vitamins of White (1943) and using agar at 7% as a gelling agent. Plants were kept in a growth room 25 ± 2 °C, light intensity of 22 µmol m⁻² s⁻¹ and photoperiod of 16 hours. The experiment was checked daily to count the number of seeds germinated per day. Following Brazilian rules for seed analysis (BRASIL, 1992) the experiment for *Portulaca oleracea* L. lasted 14 days.

Germination percentage, germination index (GI), mean germination time (MGT) were calculated according to Kader (2005).

For the statistical analysis of moisture content, we tested the data for normality and homogeneity of variance. Though these assumptions were not met, we used the Analysis of Variance (ANOVA). We chose to do so because using a parametric test on data that does not meet *all* their assumptions makes a more robust test because it compares the values to a normal distribution greatly reduces the chances of type one error. We used Scheffer test as a Post-Hoc to compare the means because its sensitivity to global difference thus reducing the number of groups formed.

The data set regarding germination also did not meet the assumptions for a parametric test but we chose to proceed with a Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). Percentage of germination, GI and MGT were tested for differences between accessions. All tests were performed using SPSS (Version 27).

MORPHOAGRONOMICAL CHARACTERIZATION

Since there are no formal descriptors for purslane, we elaborated the morphoagronomical characters based on previous studies (SALAH; CHEMLI, 2004; ALAM *et al.* 2014a; EGEA-GILABERT *et al.* 2014) and in descriptors used for other leafy species of agronomical interest (IPGRI 1999) as well as general guidelines for descriptors elaboration (BIOVERSITY INTERNATIONAL 2007, GOTOR *et al.* 2008).

In order to measure these characters, we designed the experiment in three completely randomized blocks with one repetition per block. Each sample unit consisted of six individual plants. The plants were sown in 2.8 L pots and substrate was a mixture of soil, manure, and sand in equal proportions. Irrigation was automatic and the plants were watered twice a day (at 8 a.m and 5 p.m) with 2 mm of water. Because of the minute size of the seeds, several seeds were sown in the same pot. We checked the experiment daily and after seven days we had to pluck excess seedlings and we did the same at 14 days after sowing, in which we left only one plant in each pot. The assembled experiment can be seen in Figure 1.

The experiment lasted 42 days, between January 28 and March 9. Morphoagronomical descriptors were measured in four individual plants between the 39th and 42nd days except those regarding flowering (which were measured according to flowering of each access) and the dried shoot and root weight (carried out right after the end of the experiment). This experiment also provided the material for centesimal composition



Figure 1. Greenhouse experiment for evaluation of morphoagronomical characters of Purslane. Cruz das Almas, 2020.

Font: Author.

We conducted the experiment in a greenhouse located in the Campus of the Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) in the city of Cruz das Almas, in the state of Bahia, Brazil ($12^{\circ}39'27.5''$ S, $39^{\circ}04'59.6''$ W). The mean temperature for the period was 26.42°C (Max. 27.07°C , Min. 25.82°C) and moisture 80.05% (Max. 83.09% , Min. 76.91%). The meteorological data was attained from meteorological station in the same city.

The morphoagronomical data was tested for normality and homogeneity of variance. Though these assumptions were not met, we used the Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). Using a parametric test on data that does not meet *all* their assumptions makes a more robust test because it compares the values to a normal distribution. We used Scheffer test as a Post-Hoc to compare the means because its sensitivity to global difference thus reducing the number of groups formed. Tests were performed in SPSS (Version 27).

To make the data set regarding morphoagronomical characters more intelligible, we proceeded with a hierarchical clustering of the quantitative variables that were statistically significant in the MANOVA. The clustering was also performed using SPSS (Version 27).

CENTESIMAL COMPOSITION

Analysis of nutritional composition were made in the Bromatology Laboratory of the Federal University of Bahia, Salvador, Brazil. The methodology followed proceedings of AOAC (1995) in triplicate. The results are expressed as percentages of the mean value of each sample.

Moisture

Moisture content was determined by gravimetry where 5 g of the homogenised shoots of purslane was submitted to constant heat at 105 °C until constant weight

Ashes

To establish ash content the samples were placed in a muffle at 550 °C and the values are expressed by weight loss of the fresh material.

Protein

Protein content was determined by Kjeldahl method in which the samples are digested using copper sulphate, potassium sulphate and sulphuric acid, followed by distillation and titration using hydrochloric acid. Conversion factor of nitrogen to protein was 6,25.

Lipids

Soxhlet method was used to determine ethereal extract. The results are based on the weight loss of the samples submitted to extraction using ethyl ether.

Carbohydrates

We used the difference of the values for moisture, lipids protein and ashes to determine carbohydrate content of the samples.

FLOW CITOMETRY

Determination of DNA content was made by flow cytometry in the Vegetal Tissue Culture Laboratory of the Agriculture Department of the Universidade Federal de Lavras (UFLA), in the city of Lavras, State of Minas Gerais, Brazil.

Samples of 40-50 mg of fresh leaf tissue of *Portulaca oleracea* L. were macerated with scalp in petri dish containing 1 mL of Galbraith (GALBRAITH *et al.*, 1983) or Marie (MARIE; BROWN, 1993) nuclei extraction buffer. After preparation the samples were strained though a 50 µm mesh with aid of a pipette and then coloured with 25 µL of propidium iodide (1 mg mL⁻¹). Five thousand nuclei were analysed in each sample for fluorescence emission.

The analysis was performed in a BD FACSCalibur 4-color cytometer (Becton Dickinson). The histograms were obtained and analyzed using the Cell Quest software. The samples were read in triplicate.

The reference standard used was the species *Vicia faba* ssp. *faba* var *equina* Inovec (26.90 pg). The nuclear DNA (2C) content in pg was estimated using the equation: DNA content (pg) = (G1 peak position of the sample / G1 *V. faba* peak position) x 26.90. Mean Genome size (1C) was calculated in million base pairs considering 1 pg of DNA = 978 Mbp (DOLEZEL *et al.* 2003)

RESULTS AND DISCUSSION

ACCESSIONS

The accessions of this study represent four continents (Americas, Africa, Europe, and Asia) and a total of seven countries. Though they do not represent the diversity of the species in the countries or continents, they serve the purpose of comparing the diversity of the species based on great geographical distances. Previous studies on the diversity of purslane have compared morphological and/or genetic diversity of accessions of the same countries (SALAH; CHEMLI, 2004; EL-BAKATOUSHI *et al.* 2013) or a narrow variety of accessions with little geographical distance such as Egea-Gilabert *et al.* (2014) that compares three cultivars (one from UK and one from Turkey) and nine local accessions from Spain.

Therefore, this study provides insight of the diversity of purslane in a broader perspective with methodological standardization.

In the multiplication of the accessions we observed the homogeneity of the plants from the same accessions. This homogeneity was observed in the morphoagronomical experiment, which helps corroborate that pollination of the species is mainly autogamous (MITICHI, 1997).

Collected seeds were kept in paper bags stored in a desiccator from their collection in February 2019 from sowing in January 2020.

SEED MOISTURE CONTENT AND GERMINATION

Seed moisture content of the accessions varied from 3.73% to 15.6% for accessions TSA01 (Mucugê, Brazil) and TSA09 (Kos, Greece) respectively. Full data can be seen in Table 2. Statistical analysis shows that there are differences in seed moisture content for the accessions. There were no exclusive groups formed, but accessions TSA01 and TSA09 are in distinct groups, however they cannot be distinguished from the remaining accessions. The data

regarding seed moisture content should be carefully evaluated because they were conducted with 100 seeds that are minute in size. Though the methodology was sound, we suggest further studies.

Table 2: Mean moisture content (M) of purslane accessions with respective standard deviations (SD)

| Accession | Moisture (%) | |
|-----------|--------------|------|
| | M | SD |
| TSA01 | 3.73 a | 1.42 |
| TSA02 | 5.60 ab | 2.13 |
| TSA03 | 9.16 ab | 1.31 |
| TSA04 | 7.24 ab | 2.49 |
| TSA05 | 8.22 ab | 1.58 |
| TSA06 | 6.20 ab | 0.51 |
| TSA07 | 5.12 a | 2.15 |
| TSA08 | 6.28 ab | 0.60 |
| TSA09 | 15.60 b | 7.32 |
| TSA10 | 5.94 ab | 2.22 |
| TSA11 | 3.97 a | 1.33 |
| TSA12 | 7.36 ab | 0.23 |
| TSA13 | 6.66 ab | 0.54 |
| TSA14 | 6.26 ab | 0.40 |
| TSA15 | 5.89 ab | 0.69 |

Font: Author.

No data regarding seed moisture was found in the available literature. This maybe because purslane is mainly considered a weed (MITICHI, 1997). This gap in the knowledge about this species is biased by this persisting perception, but also precludes further studies on germplasm conservation. This data, therefore, fills this gap and allows further studies on its conservation and perspective of improvement.

Germination percentages varied from 86% (TSA03) and 100% (TSA13 and TSA14). The lowest percentage of germination was from an accession from Salvador, Brazil, and the highest percentage was from accession from Peru and Italy. Statistical analysis shows that there are no differences between the accession regarding seed germination. Full data can be seen in Table 3.

Previous studies on germination of purslane are mainly related to it as a weed and not as a genetic resource (SINGH, 1973; EGGLEY, 1974; GUTTERMAN, 1974; ZIMMERMAN, 1976; BASKIN; BASKIN, 1988; CHAUAN; JHONSON, 2009; ZAUZAH; RIMA, 2019). Several studies on germination of purslane evaluate the effect of temperature and other parameters relevant to its weediness (SINGH, 1973; EGGLEY, 1974; BASKIN; BASKIN, 1988;

CHAUAN; JOHNSON, 2009). Temperature is the main factor that influenced germination and for seeds incubated in similar conditions of this study, germination percentages are similar. El-Kablawy and Al-Ansari (2000) studied the effect of site of origin, seed maturation, temperature of incubation and luminosity in the germination of purslane and all these parameters significantly affected seed germination and germination time. Comparing this author's data regarding site of origin, we did not see any effect in our study.

Table 3: Germination. germination index (GI). mean germination time (MGT) of purslane accessions showing mean values (M) and standard deviation (SD). Means followed by the same letter within the column do not differ by the post-hoc test

| Accession | Germination (%) | | GI | | MGT | |
|-----------|-----------------|-------|----------|------|----------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD |
| TSA01 | 98 a | 6.32 | 20.35 ab | 0.18 | 5.05 cde | 0.47 |
| TSA02 | 88 a | 10.33 | 14.60 a | 0.26 | 6.85 e | 0.82 |
| TSA03 | 86 a | 8.43 | 16.14 a | 0.47 | 6.59 de | 1.56 |
| TSA04 | 90 a | 6.67 | 20.36 ab | 0.19 | 4.93 cde | 0.59 |
| TSA05 | 95 a | 12.69 | 18.87 a | 0.33 | 5.40 cde | 0.60 |
| TSA06 | 92 a | 9.19 | 21.81 ab | 1.11 | 5.85 cde | 1.90 |
| TSA07 | 94 a | 6.99 | 30.39 a | 0.84 | 4.15 bc | 1.22 |
| TSA08 | 88 a | 9.19 | 17.31 a | 0.43 | 6.40 de | 1.06 |
| TSA09 | 96 a | 5.27 | 18.84 a | 0.33 | 5.93 cde | 0.81 |
| TSA10 | 98 a | 4.05 | 23.85 ab | 0.61 | 5.18 cde | 0.88 |
| TSA11 | 96 a | 6.99 | 25.12 ab | 0.36 | 4.66 bcd | 0.74 |
| TSA12 | 99 a | 3.16 | 97.50 d | 0.42 | 1.03 a | 0.07 |
| TSA13 | 100 a | 0.00 | 98.70 d | 0.28 | 1.05 a | 0.13 |
| TSA14 | 100 a | 0.00 | 45.99 c | 0.49 | 2.66 ab | 0.35 |
| TSA15 | 96 a | 5.16 | 20.20 ab | 0.37 | 5.72 c | 1.17 |

Font: Author.

Evaluating the Germination Index (GI) was statistically significant ($p < 0.001$) ranging from 14.6 (TSA02) to 98.7 (TSA13). Accessions TSA12 and TSA13 (Deftera, Cyprus and Puerto Maldonado, Peru respectively) form a group that is statistically different from all other accessions (Table 3). This index is not evaluated in any other study of purslane germination.

Mean germination time (MGT) was also evaluated (Table 3) and accessions TSA12 (Deftera, Cyprus) had the best parameter at 1.03 days whereas TSA02 (Salvador, Brazil) had the worst MGT at 6,85 days. We found statistical differences ($p < 0.001$), but no exclusive groups were formed. Accessions TSA12 and TSA13 (Deftera, Cyprus and Puerto Maldonado, Peru) form a distinct group from all other accessions except TSA14 (Udina, Italy). El-Kablawy and

Al-Ansari (2000) also evaluated MGT and, like us, found significant differences in mean germination time. ($p < 0.001$).

MORPHOAGRONOMICAL CHARACTERIZATION

Previous studies on morphological and agronomical characteristics of purslane are scarce, with an inadequate sampling and do not provide a reasonable descriptor list to differentiate accessions. A consistent characterization that can recognize different genotypes is crucial if we wish to establish breeding programs (ALAM *et al.*, 2014b).

Alam *et al.* (2014a) provides us with a list of 11 morphological traits all of them quantitative. The same authors do not provide a proper description of how the characters were measured and does not specify the age of the plants when the measures were taken. Salah and Chemli (2004) has a list of 19 traits (three qualitative and 16 quantitative) that were evaluated and has very vague description and does not specify the time of measurement. El-Bakatoushi *et al.* (2013) presents a nine characters list, all of them qualitative, but focuses mainly on seed morphology. Egea-Gilabert *et al.* (2014) provides us with a better list, containing 20 traits (13 quantitative and 7 qualitative) that are better defined. These authors made the measurements in plants that were 15 days old from sowing and included characters on leaf shape, coloration and chlorophyll content and flowering (evaluated in plants that were left to mature).

After revising the available literature, we elaborated a list of descriptors consisting of 28 characters, 10 being qualitative and 18 being quantitative. The complete Character list can be seen in Table 4.

Our descriptor list is larger than any of previous studies and are somewhat easier to replicate because we did not rely on any equipment that may be difficult to attain. Regarding some methodological choices, used days to fructification instead of days to flowering because despite visiting the greenhouse daily during the mornings in different times, we did not observe flowers in several accessions and in some cases we observed the fructification before we could observe any flowers. Flowers were observed fully open on accessions TSA08, TSA11, TSA12, TSA13 and TSA14. Accessions TSA04, and TSA07 had fruits before we could observe flowers. For the remaining accessions did not observe flowers. All the accessions that presented fruits before flowers or that did not show flowers at all were from Brazil. The size, port and ramification pattern can be distinguished between the accession as shown In Figure 2. We can observe that the port can be erect, semi-erect or decumbent.

Table 4. Descriptor list for *Portulaca oleracea* L. developed in this study. Measurements were taken on the 40th day from sowing.

| Descriptor | Definition |
|--|---|
| Stem colour | Colour of the base of the main stem using Royal Horticultural Society's colour chart |
| Leaf colour (adaxial) | Colour of adaxial side of the first fully expanded leaf from the main branch using Royal Horticultural Society's colour chart |
| Leaf colour (abaxial) | Colour of abaxial side of the first fully expanded leaf from the main branch using Royal Horticultural Society's colour chart |
| Position of the first pair of leaves | Position of the first pair of leaves from the apex of the main branch |
| Position of the third pair of leaves | Position of the third pair of leaves from the apex of the main branch |
| Leaf blade shape | Observed on the first fully expanded leaf from the main branch |
| Leaf apex shape | Observed on the first fully expanded leaf from the main branch |
| Leaf base shape | Observed on the first fully expanded leaf from the main branch |
| Port | Port of the plant |
| Type of Inflorescence | Position of the inflorescence |
| Days to flowering/ fructification | Number of days from sowing to the flowering or fructification of 50% of plants |
| Capsule length | Length of the largest bud or capsule on the main branch |
| Capsule girth | Girth taken on the widest portion of the largest the bud/capsule of the main branch |
| Number of leaves on the first ramification | Total number of leaves on the first ramification |
| Leaf blade length | Measured on the first pair of fully expanded leaves from the end of petiole to the farthest end of the leaf |
| Leaf blade width | Measured on the first pair of fully expanded leaves on the widest section of the leaf |
| Leaf thickness | Measured on the first pair of fully expanded leaves in its midsection |
| Petiole length | Measured on the first pair of fully expanded leaves |
| Plant height | Highest standing point of the plant from the substrate |
| Internode distance | Distance from the third and fourth nodes of the main branch |
| Number of secondary branches | Number of branches emerging from the main branch |
| Length of primary branch | Total length of the primary branch from the substrate do its apex |
| Stem diameter | Stem diameter measured one centimetre above the collar |
| Root length | Length of the main root |
| Fresh shoot weight | Weight of the fresh shoots |
| Dry shoot weight | Weight of shoots after been dried at 60 °C until constant weight |
| Fresh root weight | Weight of the fresh roots |
| Dry root weight | Weight of roots after been dried at 60 °C until constant weight |

Font: Author

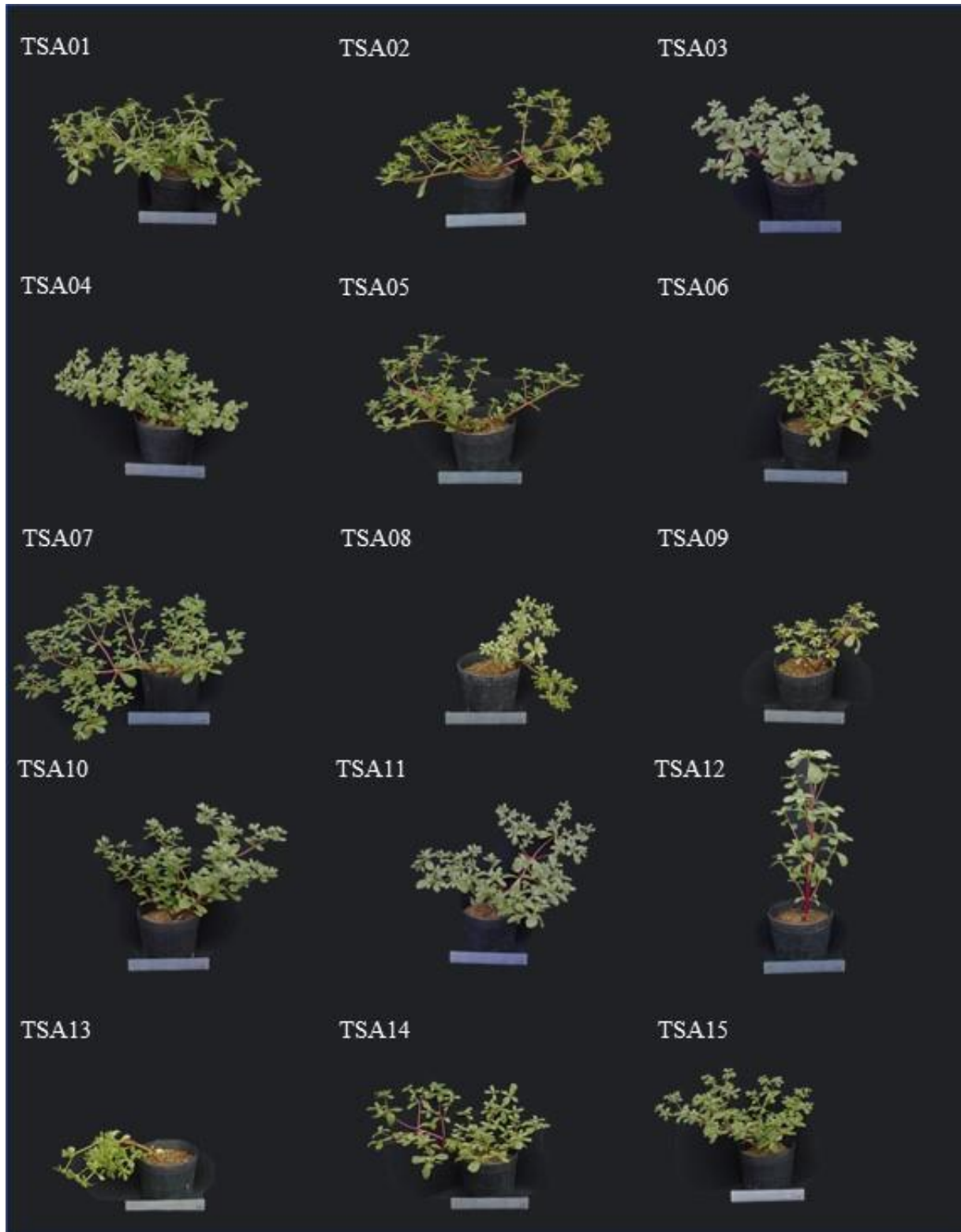


Figure 2. Diversity of habits, ramification and leaves of the accessions. Photos taken on the 40th day from sowing. Scale measures a total of 21 cm in length. **Font:** Author.

Qualitative descriptors are listed in Table 5 and shows that there is little variation amongst these characters. Stem colour varied in only one accession (TSA01, from Mucugê, Brazil). Leaf apex shape was mainly retuse and the rounded shape of the apex was found only

in TSA01 (Mucugê, Brazil), TSA08 (Pirgi, Greece) TSA11 (Gan Yavne, Israel) and TSA13 (Puerto Maldonado, Peru). Port also varied, accessions mainly being decumbent, TSA01, TSA09 and TSA10 Mucugê, Brazil; Kos, Greece and Cape Town, South Africa respectively, semi-erect and TSA12 (Deftera, Cyprus) being the only one erect (Figure 2).

The is farther more variation among qualitative descriptors in comparison to the qualitative. In Table 6 we can see data from days to fructification, capsule length, capsule girth, number of leaves on the first branch, leaf blade length and leaf blade width.

Days to fructification varied from 33.67 (TSA08) to 39 days (TSA12) corresponding to accessions from Pirgi (Greece) and Deftera (Cyprus). Though statistical results show significant ($p < 0,001$), post-hoc test could not differentiate the accessions. Capsule length did not show statistical significance varying from 3.68 mm (TSA08) to 7.37 mm (TSA09). Capsule girth was statistically significant and varied from 2.3 mm (TSA09) to 5.51 mm (TSA12). TSA12 (Deftera, Cyprus) differs from all other accessions. As for the number of leaves on the first branch we have a variation from 14.83 (TSA12) to 100.67 (TSA04). The results are statistically significant and TSA04 (Cruz das Almas, Brazil) is significantly different from six others accession. Leaf blade length varied from 30.05 mm (TSA08) to 60.19 mm (TSA12). Though the results are statistically significant ($p < 0,001$) the groups formed were not easily distinguishable and no exclusive groups were formed. In Figure 3 we can observe variation of leaves shapes and sizes and though the post-hoc test was not informative; we observe the diversity for this character. Leaf blade width varied from 16.06 mm (TSA08) to 34.14 mm (TSA04). The results are statistically significant ($p < 0,001$) but the most divergent accession is TSA 08 (Pirgi, Greece), which can be differentiated from TSA01, TSA02, TSA03, TSA04, TSA11, and TSA12 in the post-hoc test.

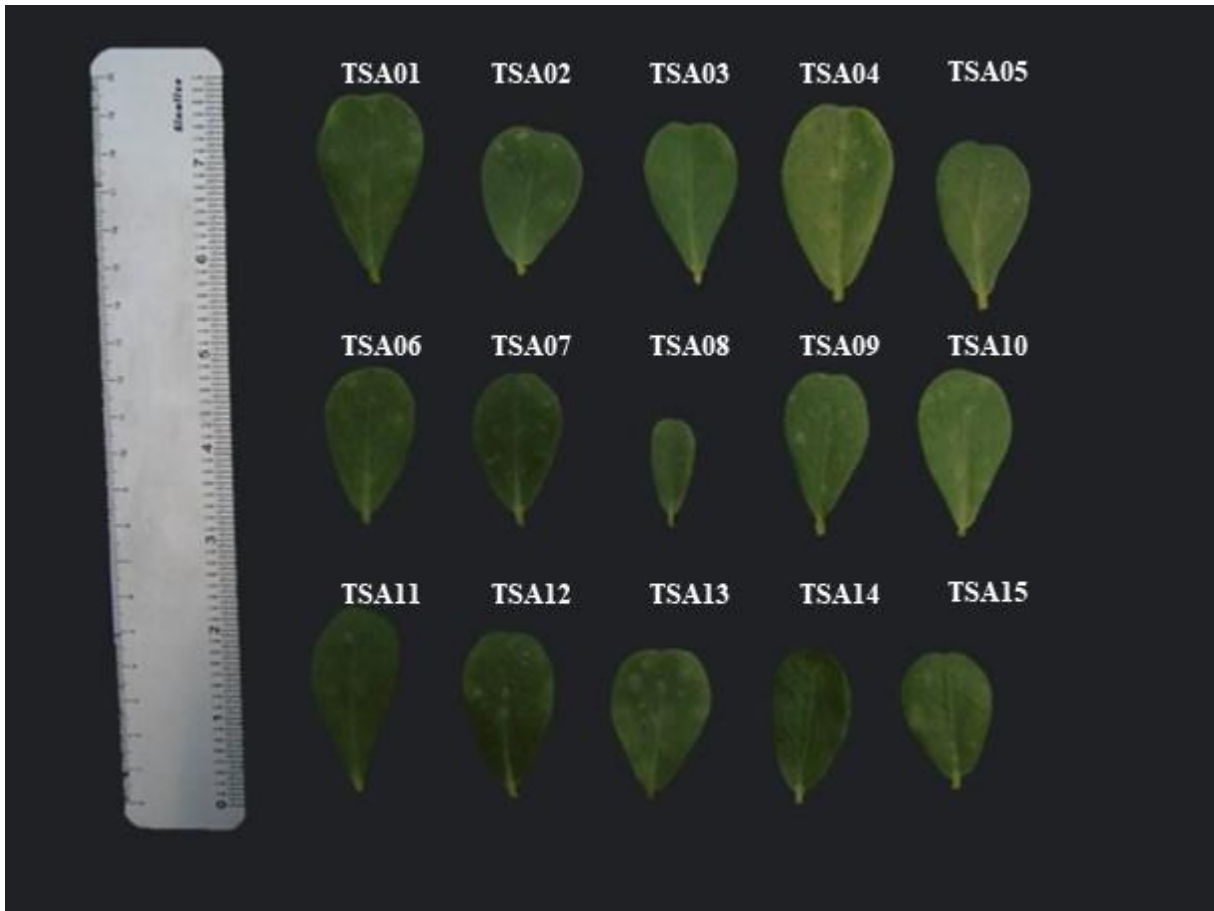


Figure 3. Diversity of leaves shapes and sizes of the accessions. **Font:** Author.

Data for leaf blade thickness, petiole length, plant height, internode distance, number of secondary branches and length of the primary branch are shown in Table 7. Petiole length and internode distance did not show statistical significance with highest and lowest value of 5.19 mm - 2.73 mm for the former and 47.04 mm - 99.61 mm for the latter. Accession TSA13 (Puerto Maldonado, Peru) had the thickest leaves (0.71 mm) whereas accession TSA01 (Mucugê, Brazil) had the slimmest 0.48 mm. Results are statistically significant ($p < 0,001$) and the post-hoc test can set these accessions apart, they are not distinguishable from the others. Plant height varied from 415.42 mm (TSA12) and 156.33 mm (TSA02). Though statistically significant ($p < 0,001$) there was only one group formed in the post-hoc test. Number of secondary branches ranged from 4.83 (TSA08) to 12.33 (TSA11) accessions respectively from Pirgi, Greece and Gan Yavne, Israel. Though it shows statistical differences, the results show no exclusive groups forms, being difficult to interpret. The length of the primary branch varied from 166.25 mm (TSA08) to 400.08 mm (TSA12). Accessions TSA08 and TSA09 (Pirgi, and Kos, Greece) are statistically different from TSA11, TSA12 and TSA14 but not from the other accessions.

In Table 8 we can see data for stem diameter, root length, fresh shoot weight, dry shoot weight, fresh root weight and dry root weight. Stem diameter varied from 5.19 mm to 16.49

mm but had no statistical significance. Fresh root weight and dry root weight, though statistically significant ($p < 0,001$), formed only one group in the post-hoc test. The highest and lowest values are 13.42 mm e 2.44 mm respectively for the former and 3.52 mm e 0.26 mm for the latter. Root length varied from 79.42 mm (TSA13) and 467.5 mm (TSA11). Results of the MANOVA were statistically significant ($p < 0,001$) and accession TSA 13 (Puerto Maldonado, Peru) is different from all accessions except TSA03 (Salvador, Brazil) and TSA04 (Cruz das Almas, Brazil) in the post -hoc test. Highest shoot weight was found in TSA11 (430 g) and lowest in TSA09 (120 g). Statistical analysis shows significance ($p < 0,001$) and the post-hoc show differences between these accessions (Gan Yavne, Israel and Kos, Greece respectively) but not from the others. Dry shoot weight ranged from 7.85 g (TSA09, Kos, Greece) to 27.30 g (TSA11, Gan Yavne, Israel). Accessions TSA08, TSA09 and TSA 13 were statistically different from accessions TSA11 but not from the others.

Table 5. Qualitative descriptors data of accessions. Measurements were taken on the 40th day from sowing. Colour characters are presented in codes corresponding to the codes in the Royal horticultural Society's colour chart.

| L | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|---------------------|--------------------|--------------------|------------|
| Accession | tem colo ur | eaf colour (adaxial) | Leaf colour (abaxial) | Type of Inflorescence | Position of the first pair of leaves | Position of the third pair of leaves | Leaf blade shape | Leaf apex shape | Leaf base shape | Port |
| TSA01 | 59-B | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | rounded | acute | semi-erect |
| TSA02 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | decumbent |
| TSA03 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | decumbent |
| TSA04 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | decumbent |
| TSA05 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | decumbent |
| TSA06 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | decumbent |
| TSA07 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | decumbent |
| TSA08 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | rounded | acute | decumbent |
| TSA09 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | semi-erect |
| TSA10 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | semi-erect |
| TSA11 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | rounded | acute | decumbent |
| TSA12 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | erect |
| TSA13 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | rounded | acute | decumbent |
| TSA14 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | decumbent |
| TSA15 | 59-A | N 134-A | 138-B | terminal | opposite | opposite | obovate | retuse | acute | decumbent |

Font: Author.

Table 6. Quantitative descriptors data of accessions for days to fructification, capsule length, capsule girth, number of leaves on the first branch, leaf blade length and leaf blade width. Measurements were taken on the 40th day from sowing. Means followed by the same letter within the column do not differ by the post-hoc test.

| Accession | Days to fructification | | Capsule length (mm) | | Capsule girth (mm) | | Number of leaves on first branch | | Leaf blade length (mm) | | Leaf blade width (mm) | |
|-----------|------------------------|------|---------------------|------|--------------------|------|----------------------------------|-------|------------------------|------|-----------------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| TSA01 | 38.00 a | 1.73 | 5.67 | 0.43 | 3.77 b | 0.29 | 33.83 ab | 14.19 | 50.26 bcd | 5.59 | 31.92 b | 3.76 |
| TSA02 | 37.00 a | 2.00 | 5.33 | 0.66 | 3.85 b | 0.71 | 46.67 abc | 4.82 | 46.36 bcd | 3.49 | 32.50 b | 1.74 |
| TSA03 | 35.33 a | 0.58 | 5.13 | 0.34 | 2.84 ab | 0.26 | 96.17 bc | 8.73 | 49.48 bcd | 1.06 | 33.03 b | 0.51 |
| TSA04 | 34.67 a | 2.31 | 4.98 | 0.83 | 3.06 ab | 0.20 | 100.67 c | 29.40 | 56.04 cd | 2.60 | 34.14 b | 3.09 |
| TSA05 | 34.00 a | 1.73 | 4.67 | 0.08 | 2.64 ab | 0.11 | 30.33 a | 24.72 | 40.73 ab | 3.16 | 28.99 ab | 1.12 |
| TSA06 | 35.67 a | 0.58 | 4.98 | 0.29 | 3.18 ab | 0.28 | 63.17 abc | 6.00 | 47.39 bcd | 1.35 | 28.91 ab | 1.22 |
| TSA07 | 34.00 a | 1.73 | 4.61 | 0.58 | 2.72 ab | 0.25 | 38 abc | 25.32 | 48.31 bcd | 2.58 | 27.41 ab | 1.04 |
| TSA08 | 33.67 a | 2.08 | 3.68 | 0.28 | 2.47 a | 0.22 | 52.83 abc | 15.33 | 30.05 a | 1.96 | 16.06 a | 1.64 |
| TSA09 | 37.00 a | 2.00 | 7.37 | 5.43 | 2.3 a | 0.35 | 54 abc | 8.98 | 41.23 ab | 1.76 | 21.74 ab | 3.55 |
| TSA10 | 37.00 a | 1.73 | 4.63 | 0.11 | 2.46 a | 0.25 | 58.75 abc | 11.13 | 44.97 bc | 1.53 | 26.43 ab | 4.01 |
| TSA11 | 36.33 a | 2.31 | 5.63 | 0.14 | 2.63 ab | 0.28 | 56.83 abc | 5.14 | 56.68 cd | 1.27 | 31.78 b | 1.58 |
| TSA12 | 39.00 a | 0.00 | 7.28 | 0.30 | 5.51 c | 0.08 | 14.83 a | 2.02 | 60.19 d | 2.60 | 33.45 b | 0.33 |
| TSA13 | 35.00 a | 0.00 | 5.58 | 0.20 | 3.21 ab | 0.13 | 22.92 a | 10.75 | 41.65 ab | 8.43 | 24.09 ab | 8.10 |
| TSA14 | 35.00 a | 0.00 | 5.66 | 0.16 | 2.73 ab | 0.13 | 24.08 a | 8.80 | 49.12 bcd | 1.68 | 27.35 ab | 2.38 |
| TSA15 | 36.33 a | 1.53 | 4.88 | 0.17 | 2.67 ab | 0.19 | 33.58 ab | 8.26 | 45.09 bc | 1.25 | 28.82 ab | 0.76 |

Font: Author.

Table 7. Quantitative descriptors data of accessions for leaf blade thickness, petiole length, plant height, internode distance, number of secondary branches and length of the primary branch. Measurements were taken on the 40th day from sowing. Means followed by the same letter within the column do not differ by the post-hoc test

| Accession | Leaf blade thickness (mm) | | Petiole length (mm) | | Plant height (mm) | | Internode distance | | Number of secondary branches | | Length of primary branch (mm) | |
|-----------|---------------------------|------|---------------------|------|-------------------|-------|--------------------|-------|------------------------------|------|-------------------------------|-------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| TSA01 | 0.48 a | 0.13 | 3.33 | 0.40 | 198.75 a | 39.86 | 72.42 | 19.73 | 10.50 cd | 1.89 | 248.75 abc | 46.36 |
| TSA02 | 0.63 ab | 0.05 | 2.90 | 0.22 | 156.33 a | 40.87 | 53.48 | 12.96 | 9.67 bcd | 1.66 | 239.83 abc | 20.34 |
| TSA03 | 0.64 ab | 0.03 | 2.83 | 0.45 | 214.83 a | 13.58 | 65.69 | 13.80 | 11.17 cd | 0.14 | 241.83 abc | 24.68 |
| TSA04 | 0.59 ab | 0.05 | 2.74 | 0.09 | 228.75 a | 41.67 | 57.48 | 6.10 | 11.58 cd | 0.38 | 268.08 abc | 14.51 |
| TSA05 | 0.67 ab | 0.05 | 2.73 | 0.53 | 233.00 a | 24.14 | 69.56 | 6.29 | 7.17 abc | 0.38 | 235.00 abc | 28.17 |
| TSA06 | 0.63 ab | 0.03 | 3.33 | 0.36 | 226.00 a | 17.77 | 52.72 | 5.06 | 9.75 bcd | 1.00 | 223.75 abc | 9.92 |
| TSA07 | 0.63 ab | 0.03 | 3.08 | 0.13 | 209.63 a | 19.21 | 65.98 | 12.66 | 11.00 cd | 0.90 | 241.67 abc | 21.55 |
| TSA08 | 0.62 ab | 0.08 | 3.34 | 0.27 | 169.50 a | 30.74 | 47.04 | 7.91 | 4.83 a | 0.38 | 166.25 a | 11.46 |
| TSA09 | 0.61 ab | 0.05 | 4.66 | 0.06 | 193.33 a | 15.63 | 50.48 | 12.35 | 9.58 bcd | 1.38 | 190.00 a | 8.75 |
| TSA10 | 0.63 ab | 0.04 | 5.19 | 3.43 | 201.83 a | 18.78 | 62.63 | 12.38 | 10.67 cd | 0.95 | 195.83 ab | 3.15 |
| TSA11 | 0.64 ab | 0.01 | 3.80 | 0.51 | 221.67 a | 15.22 | 74.95 | 28.11 | 12.33 d | 0.88 | 310.83 cd | 15.83 |
| TSA12 | 0.66 ab | 0.03 | 3.98 | 0.10 | 415.42 b | 15.69 | 64.41 | 20.51 | 10.00 bcd | 0.00 | 400.08 d | 15.06 |
| TSA13 | 0.71 b | 0.05 | 3.93 | 0.40 | 165.58 a | 13.07 | 75.08 | 17.71 | 5.50 ab | 1.32 | 200.00 ab | 43.14 |
| TSA14 | 0.57 ab | 0.01 | 3.13 | 0.22 | 224.67 a | 31.13 | 99.61 | 9.93 | 10.67 cd | 1.38 | 297.08 bcd | 23.79 |
| TSA15 | 0.67 ab | 0.01 | 3.26 | 0.17 | 224.33 a | 16.36 | 75.03 | 16.93 | 12.50 d | 1.09 | 253.33 abc | 30.63 |

Font: Author.

Table 8. Quantitative descriptors data of accessions for stem diameter, root length, fresh shoot weight, dry shoot weight, fresh root weight and dry root weight. Measurements were taken on the 40th day from sowing. Means followed by the same letter within the column do not differ by the post-hoc test

| Accession | Stem diameter (mm) | | Root length (mm) | | Fresh shoot weight (g) | | Dry shoot weight (g) | | Fresh root weight (g) | | Dry root weight (g) | |
|-----------|--------------------|-------|------------------|--------|------------------------|--------|----------------------|------|-----------------------|------|---------------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| TSA01 | 8.67 | 1.13 | 203.75 a | 15.31 | 331.67 ab | 144.42 | 18.86 ab | 7.60 | 11.67 a | 8.09 | 2.24 a | 1.54 |
| TSA02 | 7.89 | 0.58 | 167.5 a | 10.58 | 276.67 ab | 97.13 | 14.66 ab | 5.14 | 8.19 a | 3.92 | 1.72 a | 0.60 |
| TSA03 | 16.49 | 12.22 | 211.75 ab | 11.53 | 380.00 ab | 58.95 | 23.47 ab | 3.81 | 8.18 a | 2.57 | 1.94 a | 0.26 |
| TSA04 | 9.56 | 0.68 | 220.67 ab | 24.98 | 420.00 ab | 56.79 | 23.38 ab | 3.54 | 9.32 a | 2.40 | 2.08 a | 0.80 |
| TSA05 | 8.74 | 0.64 | 181.08 a | 36.33 | 258.33 ab | 56.20 | 13.01 ab | 2.72 | 5.04 a | 1.55 | 1.02 a | 0.37 |
| TSA06 | 8.88 | 0.65 | 149.50 a | 34.06 | 336.67 ab | 23.63 | 16.97 ab | 1.55 | 5.61 a | 0.35 | 0.95 a | 0.10 |
| TSA07 | 7.93 | 0.73 | 200.92 a | 25.10 | 283.33 ab | 99.29 | 18.75 ab | 6.75 | 5.06 a | 1.40 | 1.28 a | 0.12 |
| TSA08 | 4.40 | 0.21 | 117.08 a | 20.32 | 140.00 ab | 26.46 | 8.66 a | 1.74 | 1.12 a | 0.23 | 0.26 a | 0.06 |
| TSA09 | 5.19 | 0.08 | 105.83 a | 8.87 | 120.00 a | 10.00 | 7.85 a | 0.42 | 1.51 a | 0.22 | 0.29 a | 0.02 |
| TSA10 | 6.94 | 0.56 | 111.25 a | 10.68 | 191.67 ab | 10.41 | 12.56 ab | 0.75 | 2.34 a | 0.36 | 0.50 a | 0.08 |
| TSA11 | 10.11 | 0.18 | 467.5 b | 220.23 | 430.00 b | 48.22 | 27.30 b | 2.63 | 11.54 a | 4.39 | 2.97 a | 1.73 |
| TSA12 | 9.35 | 0.44 | 140.50 a | 7.01 | 280.00 ab | 17.32 | 11.63 ab | 0.64 | 13.42 a | 0.46 | 2.68 a | 0.80 |
| TSA13 | 5.62 | 1.26 | 79.42 a | 14.13 | 153.33 ab | 66.58 | 8.45 a | 3.52 | 2.44 a | 1.96 | 0.53 a | 0.43 |
| TSA14 | 14.67 | 11.09 | 116.25 a | 7.81 | 290.00 ab | 27.84 | 18.28 ab | 1.31 | 15.14 a | 5.86 | 3.52 a | 1.93 |
| TSA15 | 9.11 | 0.56 | 137.08 a | 20.09 | 340.00 ab | 110.57 | 20.83 ab | 7.01 | 11.80 a | 4.06 | 1.91 a | 0.73 |

Font: Author

The extensive descriptor list and the numerous statistical results make it difficult to interpret the data in a meaningful way. Thus, using a hierarchical clustering of the quantitative variables that showed statistical differences between accessions. The dendrogram can be seen in Figure 4.

TSA11 (Gan Yavne, Israel) is the most divergent accession. The biggest cluster comprises all accessions from Brazil (TSA01, TSA02, TSA03, TSA04, TSA05, TSA06 and TSA07) but also includes accession TSA15, from Netanya, Israel. The different collection sites of the accessions from Brazil did not show any groupings that reflected geographical distances.

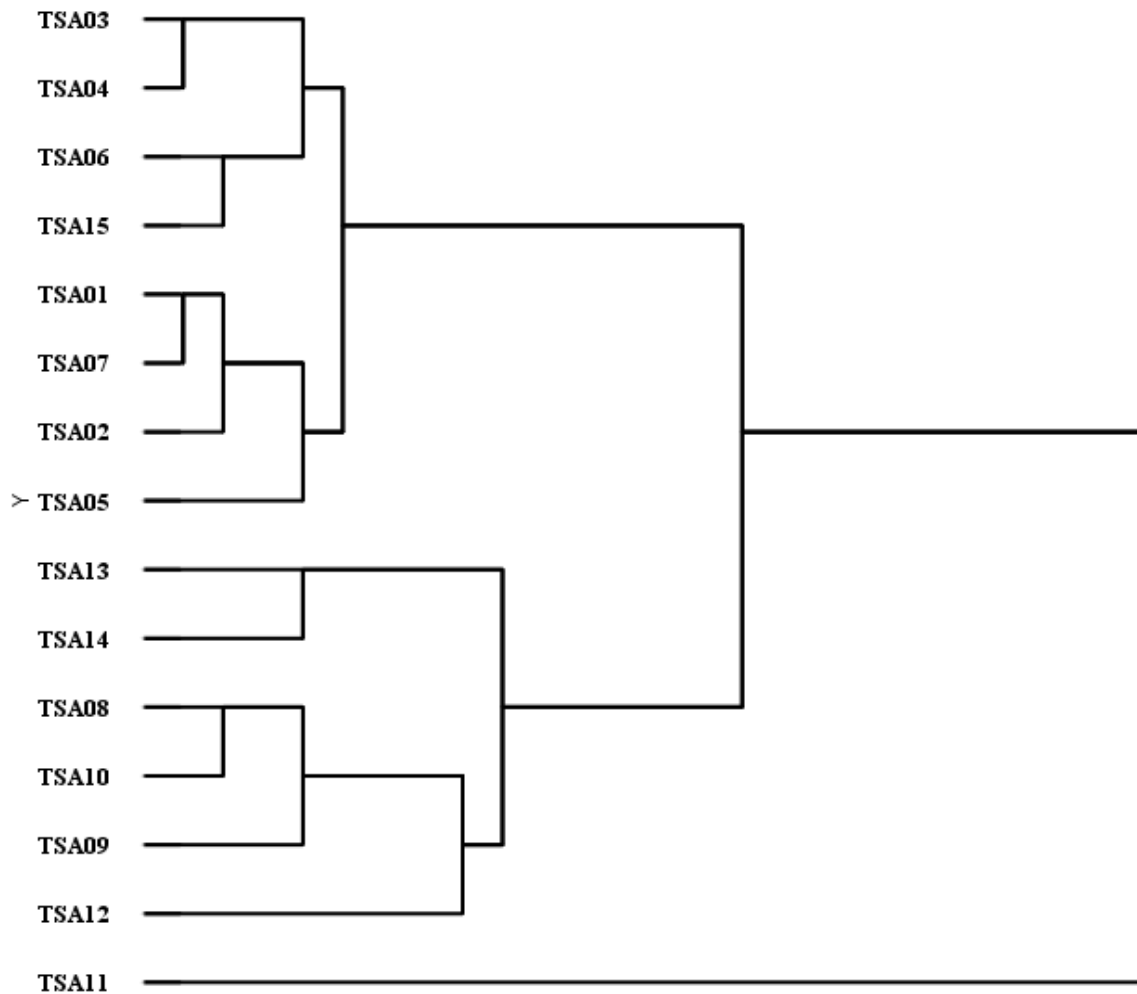


Figure 4. Hierarchical clustering dendrogram showing mean linkage between the accessions using Pearson's correlation. **Font:** Author.

The other cluster formed includes TSA13 (Puerto Maldonado, Peru), TSA14 (Udina, Italy), TSA08, (Pirgi, Greece), TSA10 (Cape Town, South Africa), TSA09 (Kos, Greece), TSA12 (Deftera, Cyprus) and TSA11 (Gan Yavne, Israel). Again, the characters did not correlate to geographical distances. Salah and Chemli (2004) studied purslane varieties in Tunisia and found differences in phenotype and vigour between spontaneous and cultivated

accessions, which can mean a certain degree of selection to its potential use as food. The presence of an accession from Israel in the clusters containing all accessions from Brazil may reflect these selections or may be due to natural selection.

Egea-Gilabert (2014) studying purslane accessions with the perspective of introducing the species as a commercial crop identified genotypes with high values of dry weight and interesting nutritional composition and low oxalate content.

Our accessions showed significant variability which can subsidize genetic improvement programs for the species. Accessions from GanYavne (Israel), Cruz das Almas (Brazil) and Salvador presented high dry shoot weight which varies proportionally to its dry weight.

Since the most interesting part for consumption of the vegetable are the leaves, three accessions from Brazil had the highest number of leaves (Cruz das Almas and two from Salvador). The biggest leaves in length are from Deftera (Cyprus), Cruz das Almas (Brazil) and Gan Yavne (Israel) and the widest from Cruz das Almas (Brazil), Deftera (Cyprus) and Salvador (Brazil). The thickness of the leaves was greater in accessions from Puerto Maldonado (Peru), Netanya (Israel) and Deftera (Cyprus).

Another character of importance is the thickness of the stem. The thickest parts of the plant can be quite tough and woody, so it is desirable to have the slimmest stem so that they won't be discarded in the preparations. Though this character was not significant in the statistical analysis, the lowest means for this trait was found in accessions from Pirgi and Kos (Greece) and Puerto Maldonado (Peru)

As we can see, the characterization of these accessions using our descriptor list can provide sufficient information to be used in genetic improvement programs and selective breeding to attain desirable traits in a crop, making its cultivation viable so that it can be reintroduced in our diet.

CENTESIMAL COMPOSITION

Many studies evaluate nutritional and mineral composition of purslane, but they vary greatly on methodological aspects and in the cultivation and age of the material evaluated making hard to compare the results. The standardization of our study on soil, water regimen and age of the accessions evaluated may contribute significantly to understand the differences between genotypes on nutritional parameters.

Nutritional characterization is an important parameter if we are evaluating a species as a genetic resource for food. In Table 9 are shown the results for moisture, ashes, protein, lipids,

and starch for the 15 accessions of this study. The statistical analysis was significant for all parameters.

Table 9. Mean Centesimal Composition of purslane accessions (M) with respective standard deviations (SD). Means followed by the same letter within the column do not differ by the post-hoc test.

| Accession | Moisture (%) | | Ashes (%) | | Proteins (%) | | Lipids (%) | | Carbohydrates (%) | |
|-----------|--------------|------|-----------|------|--------------|------|------------|------|-------------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| TSA01 | 94.23 abcd | 0.30 | 1.56 ab | 0.03 | 1.43 bc | 0.03 | 0.83 bc | 0.19 | 1.88 bcd | 0.25 |
| TSA02 | 94.71 cd | 0.10 | 1.65 abc | 0.02 | 1.07 a | 0.11 | 0.94 c | 0.18 | 1.64 bcd | 0.35 |
| TSA03 | 93.83 ab | 0.31 | 1.88 bcd | 0.04 | 1.57 bcde | 0.08 | 1.03 c | 0.03 | 1.69 bcd | 0.18 |
| TSA04 | 94.43 bcd | 0.31 | 1.73 abcd | 0.07 | 1.27 ab | 0.12 | 0.34 a | 0.02 | 2.22 cd | 0.39 |
| TSA05 | 94.96 d | 0.07 | 1.63 abc | 0.03 | 1.43 bc | 0.07 | 0.75 bc | 0.03 | 1.23 ab | 0.12 |
| TSA06 | 94.96 d | 0.11 | 1.63 abc | 0.05 | 1.51 bcd | 0.02 | 0.56 ab | 0.00 | 1.34 abc | 0.16 |
| TSA07 | 93.39 a | 0.15 | 1.93 cd | 0.03 | 1.80 def | 0.06 | 0.71 bc | 0.01 | 2.15 bcd | 0.06 |
| TSA08 | 93.83 ab | 0.12 | 1.60 ab | 0.01 | 1.59 bcde | 0.05 | 0.83 bc | 0.01 | 2.14 bcd | 0.11 |
| TSA09 | 93.45 a | 0.21 | 1.80 abcd | 0.08 | 1.48 bcd | 0.02 | 0.87 bc | 0.02 | 2.40 d | 0.30 |
| TSA10 | 93.45 a | 0.05 | 1.68 abcd | 0.09 | 2.13 g | 0.14 | 0.82 bc | 0.02 | 1.88 bcd | 0.14 |
| TSA11 | 93.64 ab | 0.22 | 1.99 d | 0.03 | 2.02 fg | 0.10 | 0.84 bc | 0.01 | 1.51 bcd | 0.28 |
| TSA12 | 95.84 e | 0.21 | 1.52 a | 0.09 | 1.89 efg | 0.02 | 0.35 a | 0.10 | 0.40 a | 0.16 |
| TSA13 | 94.45 bcd | 0.14 | 1.55 a | 0.04 | 1.28 ab | 0.06 | 0.82 bc | 0.01 | 1.91 bcd | 0.12 |
| TSA14 | 93.69 ab | 0.22 | 1.88 bcd | 0.04 | 1.29 ab | 0.08 | 1.01 c | 0.03 | 2.14 bcd | 0.13 |
| TSA15 | 93.89 abc | 0.08 | 1.72 abcd | 0.21 | 1.74 cdef | 0.05 | 0.83 bc | 0.01 | 1.8 bcd | 0.16 |

Font: Author.

Moisture

Moisture varied from 93.39% (TSA07) to 95.84% (TSA12). Statistical analysis shows that the only exclusive group was formed by TSA12 (Deftera, Cyprus) and that Accessions TSA07, TSA09 and TSA10 (Salvador, Brazil; Kos, Greece and Cape Town, South Africa) are distinguishable from TSA02, TSA04, TSA05, TSA06, TSA12 and TSA13. This data is similar studies on nutritional composition of purslane. Guil Guerrero *et al.* (1999) studies accessions that grew spontaneously from seven different sites of Spain and found moisture content to be 89.75%. Oliveira *et al.* (2013), using plants grown in an experimental field for 120 days found moisture content to be 93.68%. Though this study standardized soil and fertilization, they used only one variety of purslane.

Ashes

Variation for ashes was between 1.52% (TSA12) and 1.99% (TSA11). No exclusive groups were formed but accession TSA11 (Gan Yavne, Israel) is statistically different from seven accessions (TSA01, TSA02, TSA05, TSA06, TSA08, TSA12 and TSA13). Guil Guerrero

et al. (1999) also found similar results with ash content being 2.64%. Other studies are difficult to compare because they use ash content relative to dry weight up to 27.37 (MOHAMED; HUSSEIN, 1994).

Protein

Protein content was highest in accession TSA10 (2.13%) and lowest in TSA02 (1.07%). Statistically, accessions TSA10, TSA11 and TSA12 (Cape Town, South Africa; Gan Yavne, Israel and Deftera, Cyprus) are significantly different from all accessions except TSA03, TSA07, TSA08 and TSA15. Guil Guerrero *et al.* (1999) found protein content to be 3.49%, which is significantly higher from our best accession in this parameter while Uddin *et al.* (2014) found similar results to this work at 1.3%.

Lipid

Lipid concentrations varied from 0.34% (TSA04) to 1.07% (TSA02). Accessions TSA04, and TSA 12 (Cruz das Almas, Brazil and Deftera, Cyprus) had the lowest lipid content and are statistically different from all except accession TSA06. Other authors found values of 3.9% (Guil Guerrero *et al.*, 1999) and 0.1% (UDDIN *et al.* 2014), being substantially higher and lower than the results for our accessions.

Lipids may be one of the most interesting parameters regarding purslane as a food resource because, according to Uddin *et al* (2014) it is the leafy vegetable with the highest concentration of omega 3. Though we did not prospect directly the content of this fatty acid, genetic improvement programs could select varieties with more lipid concentrations for selective breeding.

Carbohydrates

Carbohydrates had a variation from 0.4% (TSA12) to 2.4% (TSA09). TSA12 (Deftera, Cyprus) is significantly different from all accessions except TSA05 (Irecê, Bahia). Uddin *et al.* (2014) found carbohydrates concentration to be 3.4%, which is somewhat higher than our results.

FLOW CITOMETRY

We used flow cytometry to explore the DNA content to evaluate possible degrees of ploidy in the accessions of this study. Lowest DNA content was found in accession TSA09 (Kos, Greece) at 1.75 pg whilst TSA03 (Salvador, Brasil) and TSA 12 (Deftera, Cyprus) presented the highest DNA content at 2.37 pg. These DNA contents are estimated to have 854 and 1159.78 million base pairs. Full data can be seen in Table 10 and the referring histograms showing the histograms for the accessions can be seen in Figure 4.

Table 10. Coefficient of variation (CV). Mean peak value (Mean). DNA Content in picograms (2C) and Genome size expressed in million base pairs.

| Accession | CV | Mean | 2C (pg) | 1C (Mbp) |
|--|-----------|-------------|----------------|-----------------|
| TSA01 | 2.69 | 66.12 | 2.17 | 1060.06 |
| TSA02 | 3.04 | 65.52 | 2.15 | 1050.44 |
| TSA03 | 2.52 | 72.34 | 2.37 | 1159.78 |
| TSA04 | 3.18 | 64.94 | 2.13 | 1041.14 |
| TSA05 | 2.71 | 61.53 | 2.02 | 986.47 |
| TSA06 | 2.65 | 70.41 | 2.31 | 1128.84 |
| TSA07 | 3.75 | 66.71 | 2.19 | 1069.52 |
| TSA08 | 2.35 | 71.05 | 2.33 | 1139.10 |
| TSA09 | 2.19 | 53.28 | 1.75 | 854.21 |
| TSA10 | 3.03 | 57.25 | 1.88 | 917.85 |
| TSA11 | 3.81 | 63.21 | 2.07 | 1013.41 |
| TSA12 | 3.00 | 72.34 | 2.37 | 1159.78 |
| TSA13 | 3.05 | 64.36 | 2.11 | 1031.85 |
| TSA14 | 2.28 | 70.41 | 2.31 | 1128.84 |
| TSA15 | 3.56 | 58.29 | 1.91 | 934.53 |
| <i>Vicia faba</i> ssp <i>faba</i> var. <i>equina</i> | 1.78 | 820.47 | 26.90 | 13154.10 |

Font: Author.

Chromosomic variation in the genus *Portulaca* is well registered in the literature (DANIN *et al.*, 1978; KIM; CARR, 1990; MATTHEWS *et al.*, 1994; EL JACK, 2004; ALAM *et al.*, 2014b; EL-BAKATOUSHI, 2015;), base chromosomes is well established as $x = 9$ (OCAMPO; COLUMBUS, 2012; WALTER *et al.*, 2015). Though studies present a variation in chromosome number in *P. oleracea* $2n = 54$ is the most common (MATTHEWS *et al.*, 1994; EL JACK, 2004; ALAM *et al.*, 2014b), which is the hexaploidy (OCAMPO; COLUMBUS, 2012; EL-BAKATOUSHI, 2015; WALTER *et al.*, 2015,). This hexaploidy form may be due to two polyploidization events and one demi-polyploidization that happened in the evolution of *P. oleracea* and closely related species (OCAMPO; COLUMBUS, 2012).

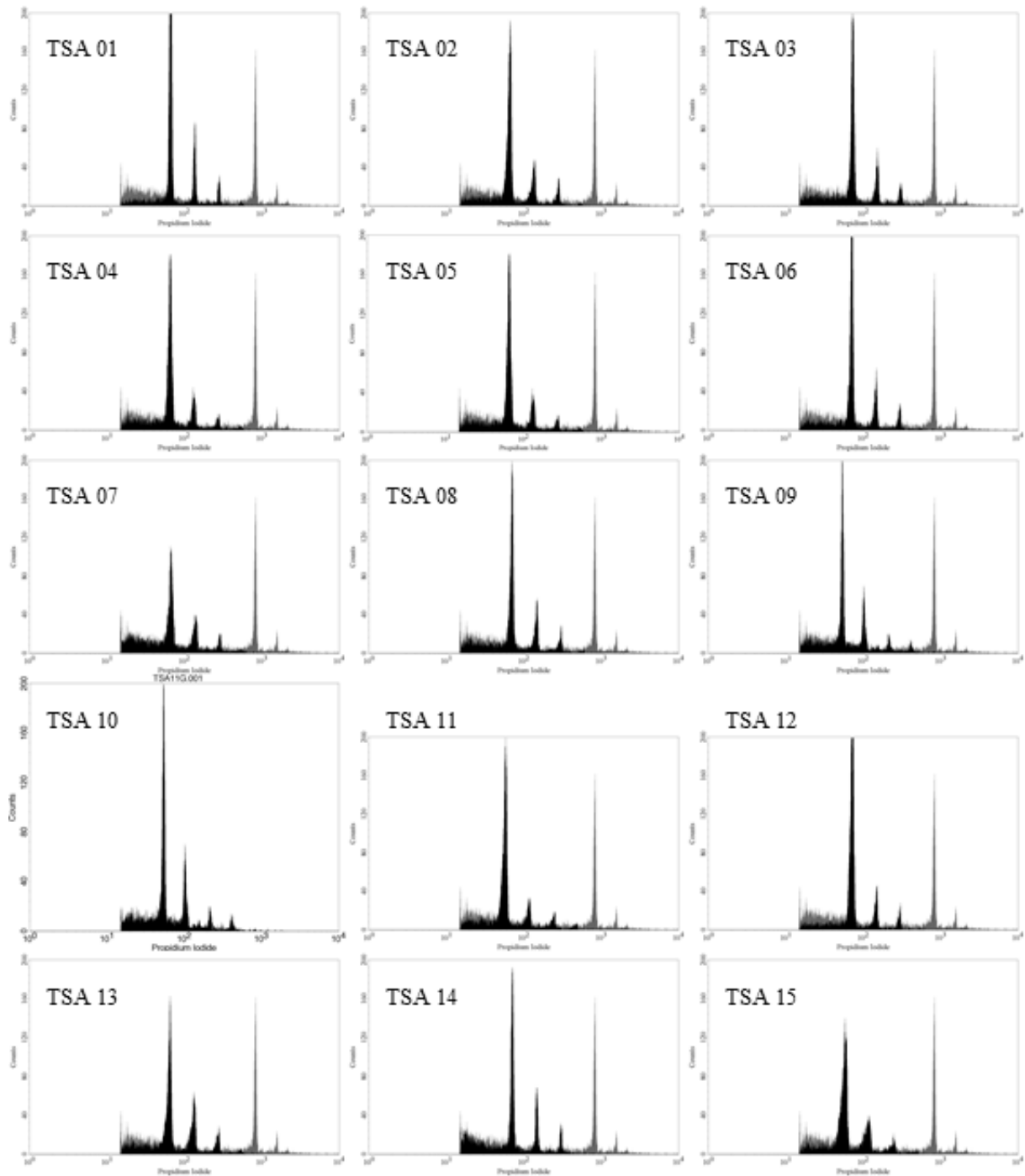


Figure 4. Histograms of relative DNA content of fresh leaves of *Portulaca oleracea* L accessions (shown in black) superimposed with histogram of *Vicia faba* spp *faba* var. *equina* as a standard. **Font:** Author.

Danin et al. (1978) studied 9 accessions of *P. oleracea* that presented different degrees of ploidy in relation to seed size and morphology to the detriment of vegetative characters, which were said to be relevant only to cultivated varieties. Walter et al. (2015) revised this relationship between seed size and chromosome numbers with a bigger sample and with accessions from more sites and did not find the same correlation.

CONCLUSIONS

This study sets itself apart from other studies on purslane due to its broad sampling of accessions with great geographical distances. Though the sampling does not represent local or global diversity, it contributes to understand the diversity of the species. The standardization used in the study allows to better compare the results between accessions and to suggest the role of the genotype in morphological and centesimal composition.

Our results show a high percentage of germination for all accession, which is corroborated by several studies on the same subject. Data regarding seed moisture content is unprecedented. This parameter is extremely important when we think about germplasm conservation, which is still to be done for the species despite its great potential as food and source of biogenic compounds.

The descriptor list produced is more detailed than previous studies and it allowed us to discern the accessions in terms of their morphology which can be used to select desirable traits that can subsidize selective breeding and genetic improvement programs.

We observed that nutritional composition can vary greatly between accessions, and, since the accessions were grown in homogeneous conditions and the plants analysed were the same age, we can infer that nutritional composition is greatly influenced by the genotype of the plant. Our results also show that among the accessions there is enough variation to select varieties that could suit different uses of purslane.

Flow cytometry of the accessions showed great variation on DNA content and estimates of genome size in million base pairs. This suggests that there is chromosomal variation in our accessions and it also shows the gap in the knowledge of how these variations implicate in morphological differences that are of agronomical interest. The knowledge on chromosomal variation is key to attain suitable hybrids in the species, either as food or medicinal purposes.

REFERENCES

ALAM, A. *et al.* Morpho-physiological and mineral nutrient characterization of 45 collected Purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 426-437, 2014a.

ALAM, A *et al.* Genetic improvement of purslane (*Portulaca oleracea* L.) and its future prospects. **Mol Biol Rep.** n. 41: p. 7395-7411. 2014b.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists.** 16th ed. Washington, 1995.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. Role of temperature in regulating the timing of germination in *Portulaca oleracea*. **Canadian Journal of Botany**, v. 66, n. 3, p. 563-567, 1988.

BIOVERSITY INTERNATIONAL. Guidelines for the development of crop descriptor lists. **Bioversity Technical Bulletin Series**. Bioversity International, Rome, Italy. Xii 72p. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2016. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o Futuro: Região Centro-Oeste**. Roberto Fontes Vieira (Ed.). Julcéia Camillo (Ed.). Lidio Coradin (Ed.). – Brasília, DF: MMA, 2016.

CARVALHO, J. M. F. C.; ARAÚJO, S. de S.; DA SILVA, M. A. Preservação e intercâmbio de germoplasma. **Embrapa Algodão-Documentos** (INFOTECA-E), 2008.

CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Seed germination ecology of *Portulaca oleracea* L.: an important weed of rice and upland crops. **Annals of applied biology**, v. 155, n. 1, p. 61-69, 2009.

DANIN, A. et al. Cytogeography and taxonomy of the *Portulaca oleracea* L. polyploid complex. **Israel Journal of Botany**, v. 27, n. 3/4, p. 177-211, 1978.

DOLEZEL, J. *et al.* Nuclear DNA content and genome size of trout and human. **Cytometry Part A**, v. 51, p. 127-128, 2003.

EL-BAKATOUSHI, R. et al. Evolution of the *Portulaca oleracea* L. aggregate in Egypt on molecular and phenotypic levels revealed by morphology, inter-simple sequence repeat (ISSR) and 18S rDNA gene sequence markers. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 208, n. 7, p. 464-477, 2013.

EL-BAKATOUSHI, R. Intra-Specific Genetic Differentiation Shaping Three *Portulaca Oleracea* L. Micro-Species. **Pak. J. Bot.**, v. 47, n. 6, p. 2309-2320, 2015.

EL JACK, A.E. *Portulaca oleracea* L. https://uses.plantnet-project.org/en/Main_Page. 2004. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Portulaca_oleracea_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Portulaca_oleracea_(PROTA))>. Acesso em 06 de agosto de 2020.

EL-KEBLAWY, A.; AL-ANSARI, F.. Effects of site of origin, time of seed maturation, and seed age on germination behavior of *Portulaca oleracea* from the Old and New Worlds. **Canadian Journal of Botany**, v. 78, n. 3, p. 279-287, 2000.

EGEA-GILABERT, C. *et al.* Characterization of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions: Suitability as ready-to-eat product. **Scientia Horticulturae**, v. 172, p. 73-81, 2014.

EGLEY, G. H. Dormancy variations in common purslane seeds. **Weed Science**, p. 535-540, 1974.

- FAO. Biodiversity for a world without hunger. Plants. Disponível em: <<http://www.fao.org/biodiversity/components/plants/en/>>. Acesso em 06 de agosto de 2020.
- GALBRAITH, D.W. *et al.* Rapid flow cytometric analysis of the cell cycle in intact plant tissues. **Science**, v.220, n. 4601, p.1049-1051, 1983.
- GOTOR, E. *et al.* The scientific information activity of Bioversity International: the descriptor lists. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 55, n. 5, p. 757-772, 2008.
- GUIL GUERRERO, J.L. *et al.* Mineral elements determination in wild edible plants. **Ecology of food and nutrition**, v. 38, n. 3, p. 209-222, 1999.
- GUTTERMAN, Y. The influence of the photoperiodic regime and red-far red light treatments of *Portulaca oleracea* L. plants on the germinability of their seeds. **Oecologia**, v. 17, n. 1, p. 27-38, 1974.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION *et al.* **International rules for seed testing**. Rules 1999. 1999.
- IPGRI. 1999. Descriptors for Rocket (*Eruca* spp.). **International Plant Genetic Resources Institute**, Rome, Italy.
- IRANSHAHY M, *et al.* A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Portulaca oleracea* L. **J Ethnopharmacol**. n.205: p. 158–172. 2017
- KADER, M. A. A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. **Journal and Proceeding of the Royal Society of New South Wales**, v. 138, p. 65-75, 2005.
- KIM, I.; CARR, G.D. Cytogenetics and hybridization of *Portulaca* in Hawaii. **Systematic Botany**, p. 370-377, 1990.
- KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil**: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 768 p.
- LACHAT, C. *et al.* Dietary species richness as a measure of food biodiversity and nutritional quality of diets. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 1, p. 127-132, 2018.
- MARIE, D.; BROWN, S.C. A cytometric exercise in plant DNA histograms, with 2C values for 70 species. **Biology of the Cell**, v. 78, n. (1-2), p. 41-51, 1993.
- MATTHEWS, J. F. *et al.* The seed surface morphology and cytology of six species of *Portulaca* (Portulacaceae). **Castanea**, p. 331-337, 1994.
- MITICHI, L. W. Common purslane (*Portulaca oleracea*). **Weed Technology**, v. 11, n. 2, p. 394-397, 1997.

MITICHI, L. W. Common purslane (*Portulaca oleracea*). **Weed Technology**, v. 11, n. 2, p. 394-397, 1997.

MOHAMED, A. I.; HUSSEIN, A. S. Chemical composition of purslane (*Portulaca oleracea*). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 45, n. 1, p. 1-9, 1994.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F.. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia plantarum**, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962.

OCAMPO, G.; COLUMBUS, J. T.. Molecular phylogenetics, historical biogeography, and chromosome number evolution of *Portulaca* (*Portulacaceae*). **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 63, n. 1, p. 97-112, 2012.

OLIVEIRA, D. de C. da S. *et al.* Composição mineral e teor de ácido ascórbico nas folhas de quatro espécies olerícolas não-convencionais. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 472-475, 2013.

SALAH, K. B. H.; CHEMLI, R. Variabilité phénotypique de quelques populations de Pourpier (*Portulaca oleracea* L.) en Tunisie. **Acta botanica gallica**, v. 151, n. 1, p. 111-119, 2004.

SINGH, K. P. Effect of Temperature and Light on Seed Germination of Two Ecotypes of *Portulaca oleracea* L. **New Phytologist**, v. 72, n. 2, p. 289-295, 1973.

UDDIN, K. *et al.* Purslane Weed (*Portulaca oleracea*): A Prospective Plant Source of Nutrition, Omega-3 Fatty Acid, and Antioxidant Attributes. **Scientific World Journal**. V:2014, 6 pp. 2014.

WALTER, J. *et al.* Flow cytometric, chromosomal and morphometric analyses challenge current taxonomic concepts in the *Portulaca oleracea* complex (*Portulacaceae*, *Caryophyllales*). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 179, n. 1, p. 144-156, 2015.

WHITE, P. R. Nutrient deficiency studies and an improved inorganic nutrient for cultivation of excised tomato roots. **Growth.**, v. 7, p. 53-65, 1943.

ZAUZAH, A.; RIMA, M. Study of the duration and immersion depth of purslane weeds at germination temperatures of 30c and 40c against the viability of purslane (*portulaca oleracea* l.) Seeds. **Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences**, v. 88, n. 4, 2019.

ZIMMERMAN, Craig A. Growth characteristics of weediness in *Portulaca oleracea* L. **Ecology**, v. 57, n. 5, p. 964-974, 1976.