

RELATÓRIO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE UMA HORTA INTELIGENTE COM O USO DOS CONCEITOS DE AGRICULTURA VERTICAL, AGRICULTURA DE AMBIENTE CONTROLADO (CEA) E INTERNET DAS COIAS (IOT)

1. ORLANDO FONSECA RAVAGNANI DISPERATI

ESTUDANTE DO CURSO DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO –
CAMPUS GUARULHOS

orlandofonsecad@gmail.com

2. GUSTAVO MACHADO LEÃO PEREIRA

ESTUDANTE DO CURSO DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO –
CAMPUS GUARULHOS

gusmaleope@gmail.com

3. DIEGO AZEVEDO SIVIERO

PROFESSOR DOUTOR DO CURSO DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO –
CAMPUS GUARULHOS

siviero@ifsp.edu.br

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SÃO PAULO – CAMPUS GUARULHOS**

1. INTRODUÇÃO:

É estimado que até o ano de 2050 a população mundial seja de cerca de 9,1 bilhões de pessoas (ONU, 2009), paralelamente a isso 66% da população mundial vivera em centro urbanos até o ano de 2030, tendo-se então um crescimento no número de megacidades – cidades com mais de 10 milhões de habitantes – chegando-se a um número de 41 destas cidades (ONU, 2015). No Brasil o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016), estima que o país até o ano de 2030 o país será uma população total de 230 milhões de habitantes com o crescente número de pessoas vivendo em grandes centros urbanos, só a megacidade de São Paulo terá mais de 12 milhões de habitantes.

Neste cenário de crescimento da população mundial e sua concentração em grandes centros urbanos, é estimado que até o ano de 2050 teremos um crescimento em 70% na demanda alimentícia (ONU, 2009) ao passo que caso não sejam tomadas medidas para controlar o aumento da poluição, mudanças climáticas e etc teremos efeitos devastadores em diversos aspectos da vida humana, em especial na produção de alimentos. Países subdesenvolvidos e em desenvolvimento terão seu setor agrícola mais afetado pelas mudanças climáticas, podendo-se ter declínios nesses países em até 14% na produção de cereais até o ano 2030 (FUNK e BROWN, 2009). Atualmente cerca de 300 bilhões de dólares são perdidos no setor agrícola anualmente pelo globo em decorrência de desastres naturais, sendo que só entre o período de 2005 a 2015, ocorreram cerca de 260 desastres naturais em países em desenvolvimento (ONU, 2018).

Levando-se em conta este cenário a segurança alimentar - conceito que surgiu no período da Primeira Guerra Mundial e que vai tratar sobre o acesso à alimentação adequada, saudável e regular, sendo declarado como um direito na legislação brasileira pela Lei nº11.346, de 15 de setembro de 2006 que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional –SISAN – pode ser posta em perigo. Não apenas no cenário futuro, mas também no cenário atual a obtenção de alimentos é um grave problema: A fome afeta cerca de 821 milhões de pessoas no planeta anualmente, o número de pessoas afetadas aumento em 6 milhões só entre 2016 e 2017, o aumento ocorreu não apenas por conta de conflitos armados e crises econômicas mas principalmente por conta de mudanças climáticas que causaram temperaturas anômalas, secas, inundações e diversos outros impactos que afetaram principalmente a agricultura (ONU, 2018).

Com estas questões em mente, com foco em criar uma alternativa a garantir a realização do direito da segurança alimentar, os autores deste relatório desenvolveram entre o período de julho de 2017 a julho de 2018 um trabalho de conclusão de curso de nome “*Desenvolvimento de protótipo de horta inteligente utilizando os conceitos da Agricultura Vertical e Internet das Coisas*”. O objetivo primário deste trabalho foi de:

“Desenvolver um protótipo em escala reduzida e de baixo custo, utilizando os conceitos de Agricultura Vertical e Internet das Coisas (IoT), de horta inteligente visando o controle dos parâmetros relevantes à produção agrícola de modo automático.”

O intuito deste relatório é então descrever o processo experimental realizado durante esse trabalho: A montagem da estrutura da horta inteligente, o uso do conceito de Agricultura Vertical valendo citar em especial de “*Pinkhouse*” e Agricultura de Ambiente controlado - CEA para a escolha dos componentes, controle das variáveis, dentre outros e por fim o controle do sistema, desenvolvido como tipo “malha fechada”, onde foi feito o uso do micro controlador Arduino e uma placa de controle proprietária desenvolvida com o intuito de realizar, com o auxílio de um notebook, o controle via Internet das Coisas (IoT).

2. DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA:

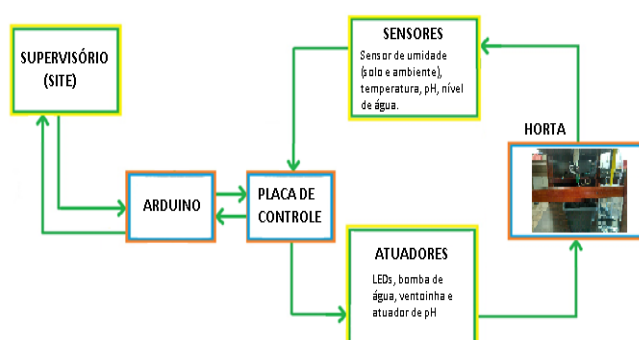


Figura 1. Esquema simplificado do funcionamento do sistema.

O protótipo de Horta Inteligente foi montado de forma a ser um sistema em malha fechada, como visto na Figura 1, foi criado a partir da junção:

- Da estrutura física, uma estrutura de madeira com dimensões 0,6 x 0,6 x 0,7 m onde nessa foram inseridos uma jardineira e um conjunto de atuadores e sensores;
- Uma placa de controle e do micro controlador Arduino;
- É por fim de um site online que realiza a leitura dos sinais dos sensores e algumas ações de controle (supervisório online).

Para testar a viabilidade da horta inteligente foi feito o plantio de um Rabanete do tipo *Cherry Belle/Cometa (Raphanus sativus)*.

2.1 MONTAGEM DA ESTRUTURA, SENSORES E PLACA DE CONTROLE (HARDWARE)



Figura 2. Vista frontal do protótipo de Horta Inteligente.

A estrutura física, pode ser vista na Figura 2, foi montada fazendo-se uso de velhas ripas de madeira e de duas chapas de MDF. As ripas foram usadas para formar “cantoneiras em L” para dar a sustentação as chapas, posicionadas respectivamente a 0,2 m e 0,685 m do chão. Além disso foi inserido uma “madeira de fundo” para estrutura, nessa foi feito um furo com um serra-copo para a passagem da fiação elétrica.

Diretamente na estrutura foram inseridos os seguintes componentes:

- Duas lâmpadas de LED Grow, que foram fixadas a 0,30 m acima da jardineira.
- Uma bomba de água Sarlo 300, posicionada dentro de um pote de 3L ao lado da jardineira, assim como uma mangueira plástica comum posicionada encima do jardineira para a irrigação.
- Uma ventoinha de 12V de computador foi colocada na madeira de fundo.
- Uma jardineira onde foi realizado o plantio da hortaliça de dimensões totais 0,60 x 0,15 x 0,15 m.

A montagem destes itens pode ser observada na Figura 3.



Figura 3. Interior da Horta inteligente.

Diretamente na jardineira foram inseridos os seguintes sensores: Um sensor analógico de Ph e um sensor de umidade de solo. Diretamente na estrutura foi fixado um sensor DHT11, utilizado para realizar o sensoriamento da temperatura e umidade ambiente. Dentro do pote de 3L de água foi inserido um sensor de nível para garantir que bomba fica-se sempre submersa.

Para garantir um melhor controle das variáveis, a estrutura de madeira foi envolta por um plástico específico para estufa.

A placa de controle foi projetada para repassar os valores dos sensores para o Arduino e para que este possa ativar os atuadores e as lâmpadas. Esta placa está ilustrada na Figura 4.



Figura 4. Vista superior da placa de controle.

A placa de controle possui duas barras de pinos de 6 entradas para alimentação (+5Vcc e GND) dos sensores. O sinal de atuação é ajustado com o uso de 4 relés ativados com 5V, ligando dispositivos com tensão de até 127V (em virtude da tensão de alimentação aplicada aos relés), com o intuito de realizar o acionamento dos atuadores.

2.2 SISTEMA SUPERVISÓRIO (SOFTWARE)

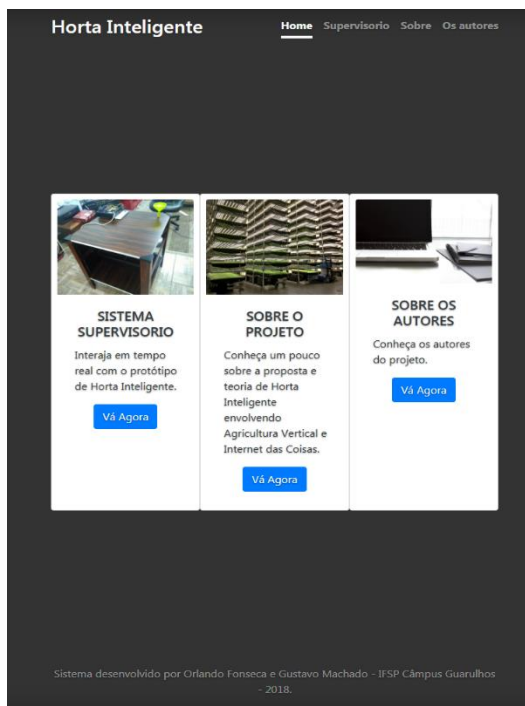
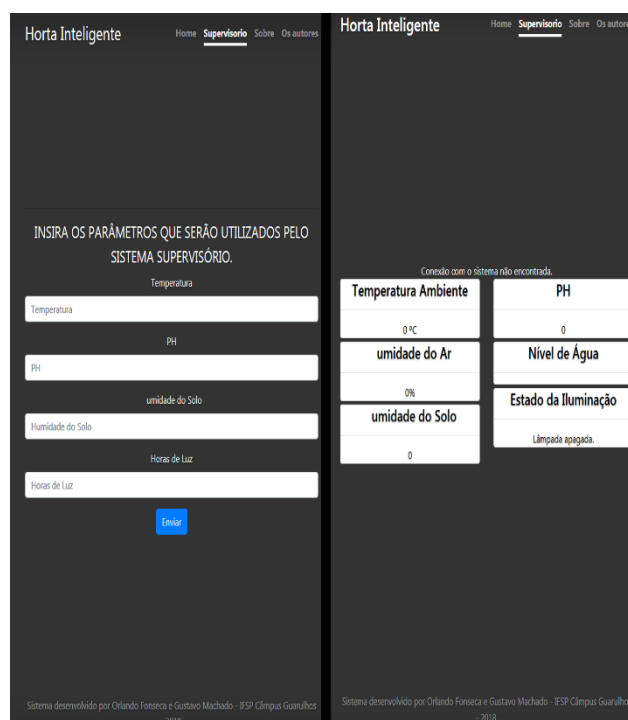


Figura 5. Página inicial do site desenvolvido.

Um site, com o intuito de servir como supervisorio online, foi desenvolvido através do uso do editor de código Atom e utilizando o servidor independente XAMPP para rodá-lo na rede local. O site, apresentado na Figura 3, foi projetado para incluir uma página com informações sobre o trabalho, uma página com o nome dos autores e uma página própria para o supervisorio.

A programação do site foi realizada em linguagem PHP, com a parte gráfica feita em CSS, utilizando um modelo já disponível no reservatório online da Bootstrap, disponibilizado pelo usuário @mdo.

O sistema supervisorio, ilustrado na Figura 6, atua da seguinte forma: Aberto a página destse o usuário insere os parâmetros de controle sobre a umidade do solo, quantidade de horas de luz, pH do solo e temperatura desejada para o cultivo, caso não já não o tenha feito ou não tenha sido feito de forma errônea a página vai apenas apresentar uma mensagem de erro.



Horta Inteligente Home Supervisorio Sobre Os autores

INSIRA OS PARÂMETROS QUE SERÃO UTILIZADOS PELO SISTEMA SUPERVISÓRIO.

Temperatura

PH

umidade do Solo

Horas de Luz

Enviar

Sistema desenvolvido por Orlando Fonseca e Gustavo Machado - IFSP Câmpus Guarulhos - 2018.

Horta Inteligente Home Supervisorio Sobre Os autores

Conexão com o sistema não encontrada.

Temperatura Ambiente	PH
0 °C	0
umidade do Ar	Nivel de Água
0%	
umidade do Solo	Estado da Iluminação
0	Lâmpada apagada

Sistema desenvolvido por Orlando Fonseca e Gustavo Machado - IFSP Câmpus Guarulhos - 2018.

Figura 6. Na esquerda está a página inicial do supervisorio, onde o usuário insere os parâmetros desejados. A direita está a página do supervisorio onde são mostrados os resultados da leitura dos sensores.

Todos os parâmetros apresentam valores máximo e mínimos que o usuário poderá inserir: A temperatura indo de 0 °C até 35 °C, a umidade do solo indo de 0 (úmido) a 1000 (seco), pH de 3.5 até 8 e a quantidade máxima de 12 horas de luz que poderá ser incidida sob a planta.

Após a inserção de parâmetros validos, o site envia para o sistema Arduino um conjunto de caracteres, onde cada um destes representa um sensor diferente. Ao passo em que o Arduino recebe estes dados, realiza a medição das variáveis requeridas e retorna ao site os dados medidos, disponibilizando os valores para visualização ao longo do dia. Como exemplo, o site envia o caractere “T” para que o Arduino faça a leitura dos valores de temperatura medidos pelo sensor DHT11, “U” para que o Arduino faça a leitura dos valores de umidade ambiente medidos também pelo sensor DHT11 e assim por diante. Os valores então são retornados ao site, onde então é feito seu display na página.

Após um período de tempo pré-definido, o site faz a comparação dos valores medidos com os valores definidos pelo usuário, caso seja necessário realizar a correção dentro do sistema o site envia outro conjunto de caracteres para o Arduino, que realiza o acionamento do respectivo atuador necessário.

Como exemplo, caso a temperatura medida seja maior que a temperatura definida pelo usuário, o site enviará o caractere “X”, sendo que este fará o Arduino ativar a Ventoinha por um período de tempo de 3-5 minutos.

No caso da leitura dos valores do sensor de nível de água, estes são apresentados no site através de uma mensagem que indica se a quantidade de água no reservatório está adequada ou não e se deve ocorrer intervenção humana. O controle da luminosidade trabalha com um pré-requisito de tempo, onde as lâmpadas de LED só serão ativadas dentro do período pré-definido entre as 19h00min até as 07h00min do dia seguinte.

2.3 TESTE DE VIABILIDADE

Após a montagem do protótipo e desenvolvimento do supervisório online foi realizado o teste experimental. No dia 8 de maio de 2018, foram plantadas 12 sementes da marca Isla em duas jardineiras iguais da seguinte forma: Em fileiras, as sementes foram inseridas no solo com uma profundidade de 0,04 m com uma distância de 0,05 m entre elas. Uma das jardineiras foi colocada na horta inteligente e a outra foi deixada exposta ao ambiente.

Para a realização do cultivo da planta na horta inteligente, foram inseridos no site os valores de 12 horas de luz, o valor discreto analógico de 600 (equivalente a 2,92 V) para umidade do solo, pH entre 6.5 e 7 e temperatura entre 15 °C e 29 °C (com site realizando sua atuação a cada 12 horas, considerando a taxa de *refresh* da página a quantidade de horas que foi inserido no parâmetro luz).

A jardineira que ficou exposta ao ambiente foi irrigada uma vez por dia, considerando que a tentativa de cultivo ocorreu no mês de maio, é estimado que a jardineira ficou exposta a uma quantidade de insolação diária de 6 horas, usando os dados informados no Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA et al., 2000).

2.4 RESULTADOS



Figura 7. Estado de ambas as jardineiras no trigésimo oitavo dia. A esquerda temos a jardineira que ficou exposta ao ambiente e a direita a jardineira que estava dentro da horta inteligente.

Durante as primeiras duas semanas, o crescimento das sementes dentro da horta inteligente foi consideravelmente maior. Nesta fase, todas as 12 sementes germinaram e iniciaram o processo de floração. Na horta que ficou exposta ao ambiente, as sementes só chegaram neste mesmo patamar decorrido três semanas do início do experimento, sendo que apenas 10 das 12 sementes germinaram. Na horta inteligente, a partir da terceira semana, pode-se notar que o crescimento da hortaliça estagnou.

No dia 15 de junho de 2018, após 38 dias que as sementes serem plantadas, data que marca a quantidade de dias máximos estipulados para o cultivo no inverno, segundo instruções da fornecedora das sementes, a marca Isla, o experimento foi encerrado, sendo possível visualizar os resultados na Figura 7. Comparou-se então o desenvolvimento da hortaliça nas jardineiras. Todos os rabanetes da jardineira da horta inteligente estavam mortos, sendo constatado ao se inspecionar a jardineira que havia uma grande quantidade de água acumulada no interior do solo nesta. A medição do pH constatou que o solo apresentava um valor próximo a 6.5. Na jardineira que ficou exposta ao ambiente, a hortaliça não tinha maturado suficientemente para a colheita até a data de finalização das experiências, entretanto já tinha florescido completamente e apresentava em seu caule a cor vermelha típica do rabanete. A medição do pH nesta jardineira, constatou que este solo era mais ácido com um pH próximo de 5.

3. EXPERIÊNCIA E SUA RELAÇÃO COM A TEORIA:

Com o objetivo de buscar soluções para a questão da segurança alimentar, uma das alternativas encontradas foi a Agricultura Vertical. Segundo o glossário da Associação para Fazendas Verticais - AVF, a definição geral do termo seria: “A prática de cultivar alimentos e / ou medicamentos em camadas verticalmente empilhadas, superfícies inclinadas verticalmente e / ou integradas em outras estruturas.”

Como uma forma de agricultura urbana, as vantagens do modelo incluiriam a possibilidade da diminuição dos danos ecológicos, oferta alimentos com uma maior pela não utilização de agrotóxicos e outros produtos, isso tudo com proximidade ao consumidor dentro dos centros urbanos.

Segundo DESPOMMIER (2011), creditado como criador do conceito moderno de Agricultura Vertical, esta é o resultado da soma da agricultura indoors (dentro de prédios e arranha-céus) a novas tecnologias para produzir uma filosofia de agricultura sustentável com eficiência visando resolver as necessidades alimentícias das populações urbanas independente de sua localização.

A aplicação da Agricultura Vertical também permite criar um Ambiente de Agricultura Controlado (CEA). O objetivo de utilizar o conceito de CEA é de criar as condições ideais para o cultivo, buscando maior previsibilidade, redução de custos e aumento do rendimento, para tanto é feito o sensoramento e controle das variáveis pertinentes ao processo através do uso de “sistemas inteligentes” (SHAMSHIRI et al, 2018).

Com isto em mente, procurou-se na literatura quais eram as outras importantes variáveis agrícolas e a partir disso estudá-las para desenvolver a horta inteligente com a capacidade. As variáveis selecionadas, além da luminosidade, foram: Potencial Hidrogênico (PH), Umidade do Solo, Temperatura e os Nutrientes para Fertilidade do Solo.

O Potencial Hidrogênico (pH), escala concebida pelo bioquímico Søren Peter Lauritz Sørensen, que trata da medição de íons de hidrogênio em mol de uma dada solução aquosa (BUCK et al, 2002). É importância a correção do solo para adequá-lo ao tipo de cultivo que seja desejado, sendo que deve ser feita através de soluções ácidas ou calagem. O único atuador que não foi implementado por questões de tempo foi o atuador de pH e ao termino do projeto,

viu-se que o controle do pH durante o tempo de cultivo não foi tão determinante para o resultado final. A prioridade nas correções de pH devem ser dar antes do cultivo.

Sabendo-se da importância dos recursos hídricos para a vida das plantas, seja no seu desenvolvimento, fortalecimento e etc (EHLERS e GOSS, 2016), para o uso eficiente deste recurso o método mais recomendado é do de irrigação localizada (COELHO e SILVA, 2013). A mangueira de plástico comum posicionado acima da jardineira foi furada para realizar a irrigação por gotejamento localizado e a bomba de água Sarlo 300 teve mecanicamente sua pressão reduzida para irrigar através dessa de forma adequada a jardineira.

A temperatura ambiente afeta diretamente o resultado do cultivo, para a garantia de um temperatura controlada foi feito o uso do papel para estufa e da ventoinha, essa última coma a função de expelir o ar quente e fazer a circulação do mesmo dentro da estrutura, assim mantendo a temperatura e umidade interna sob controle.

As lâmpadas de LED Grow foram escolhidas por fornecer luz, majoritariamente, nas faixas espectral do azul e vermelho, estimulando assim o processo fotossintético e acelerando o crescimento das plantas, gerando assim uma melhora da produção agrícola, como observado por: Professor Cary Mitchell da Universidade de Purdue, onde a adoção destes LED's resultou em uma redução em cerca de 75% do consumo de energia elétrica e aumento na produtividade da horta, durante os estudos acerca do modelo de *Pinkhouses* (DOUCLEFF, M., 2013) e OLLE e VIRSILEV (2013), em sua pesquisa sobre o efeito de diferentes LED's na agricultura.

A utilização do conceito de Internet das Coisas (IoT), a ideia de um network aberto de diversos objetos interligados que compartilham recursos e informações, agindo e reagindo frente mudanças no ambiente (MADAKAM, RAMASWAMY, e TRIPATHI, 2015), por sua vez, permite-se fazer o controle não remoto das variáveis do CEA.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS;

O protótipo desenvolvido funcionou, apesar de os resultados finais apontarem para a necessidade de correções pontuais em alguns parâmetros como posicionamento de sensores de umidade do solo e modificações na montagem da floreira antes de plantar.

O uso do sistema supervisorio online, controle IoT, mostrou-se mais prático do que as outras opções usadas inicialmente com software proprietário e garantiu maior versatilidade no controle, na programação e ajuste do sistema.

Em relação a parte física do projeto, a estrutura foi montada durante um período de três meses e meio, não sofrendo grandes modificações durante a realização das atividades. Ocorreram algumas mudanças nas posições de alguns atuadores e sensores dentro dessa para o otimizar o protótipo, enquanto a placa de condicionamento de sinais precisou de três revisões para a melhora do seu funcionamento.

Em relação a programação, tanto a placa proprietária como Arduino funcionaram de acordo com o esperado, realizando a devida comunicação serial de dados para o notebook. Quanto ao supervisorio online, foram realizadas algumas mudanças durante a realização do cultivo com o intuito de garantir uma melhora no funcionamento do sistema. Essas mudanças foram: Foi alterado a “caixa de display” display de dados para que ficasse melhor para o usuário, a taxa de atualização da página do supervisorio e a diminuição do delay entre a entrada dos valores no supervisorio online e sua efetiva atuação.

Para a melhoria do funcionamento do protótipo, visando trabalhos futuros, o que o grupo propõem é a realização de correções em relação à parte física do protótipo: A troca na posição na jardineira e do próprio tipo de sensores umidade de solo assim como a troca das lâmpadas de LED utilizadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION FOR VERTICAL FARMING. (23 de Junho de 2013). *About the Association for Vertical Farming*. Acesso em 24 de Agosto de 2017, disponível em Association for Vertical Farming.
- BUCK R.P. et al. (2002). Measurement of pH. Definition, Standards and Procedures. *Pure and Applied Chemistry*, v.74(nº11), p.2169-2200.
- COELHO, E. F., & SILVA, A. J. (2013). Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação. *Embrapa Mandioca e Fruticultura*(nº1), p.11-18.
- DESPOMMIER, D. J. (2011). The vertical farm: controlled environment agriculture carried out in tall buildings would create greater food safety and security for large urban populations. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, v.6(nº2), p.233-236. Acesso em 10 de Setembro de 2017, disponível em <https://doi.org/10.1007/s00003-010-0654-3>
- DOUCLEFF, M. (21 de Maio de 2013). *Vertical 'Pinkhouses:' The Future Of Urban Farming?* Acesso em 2 de Fevereiro de 2017, disponível em NPR: <https://www.npr.org/sections/thesalt/2013/05/21/185758529/vertical-pinkhouses-the-future-of-urban-farming>
- EHLERS, W., & GOSS, M. (2016). *Water Dynamics in Plant Production, 2nd Edition*. CABI.
- FUNK, C., & BROWN, M. (Setembro de 2009). Declining global per capita agricultural production. *Springer*, v.1(nº3), p.1-19. doi:<https://doi.org/10.1007/s12571-009-0026-y>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2016). Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2016. p.71.
- MADAKAM, S., RAMASWAMY, R., & TRIPATHI, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, v.3, p.2-3.
- OLLE, M., & VIRSILEV, A. (2013). The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and Food Science*, v.22(nº2), p.223-234. Acesso em 20 de Fevereiro de 2018, disponível em <https://journal.fi/afs/article/view/7897>
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2009). *HOW TO FEED THE WORLD IN 2050*. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Roma.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2015). *World Urbanization Prospects The 2014 Revision*. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, Nova York.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2018). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2018*. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Roma.

- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2018). The impact of disasters and crises on agriculture and food security 2017.
- SHAMSHIRI, R. R. (2018). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v.11(nº1), p.1-17.
- TIBA et al., C. (2000). Atlas Solarimétrico do Brasil : banco de dados solarimétricos. *Ed. Universitária da UFPE*, p.75.