

MESTRADO

MULTIMÉDIA - ESPECIALIZAÇÃO EM MÚSICA INTERACTIVA E DESIGN DE SOM

Florquestra: An ubimus approach to a sonified flowerbed

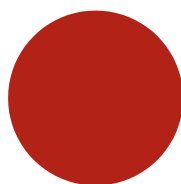
João Daniel Martinho Dias

M

2024

FACULDADES PARTICIPANTES:

FACULDADE DE ENGENHARIA
FACULDADE DE BELAS ARTES
FACULDADE DE CIÊNCIAS
FACULDADE DE ECONOMIA
FACULDADE DE LETRAS



Florquestra: An ubimus approach to a sonified flowerbed

João Daniel Martinho Dias

Master in Multimedia of the University of Porto

Supervisor: Gilberto Bernardes de Almeida

Cossupervisor: Nádía de Sousa Varela de Carvalho

June 2024

© João Dias, 2024

Florquestra: An ubimus approach to a sonified flowerbed

João Daniel Martinho Dias

Master in Multimedia of the University of Porto

Approved public defence by the jury:

Chair: Alexandre Miguel Barbosa Valle de Carvalho (PhD)

External Examiner: Filipe Cunha Monteiro Lopes (PhD)

Supervisor: Gilberto Bernardes de Almeida (PhD)

Abstract

The goal of this dissertation is to promote children's empathy and awareness to plants through their symbiosis with technology that allows them to react through sounds, thus creating interaction between young people and the system.

For this project 37 elementary school students were questioned before and after they had contact with this interactive system to understand if we reached our goal. The results appear to show that the participants became much more aware of plants as living beings, their actions and communication in the post-test. Therefore, this project helped the participants to become more aware and empathetic towards plants, thus contributing to their environmental education.

Resumo

O objetivo desta dissertação é promover a empatia e a sensibilização das crianças para com as plantas através da simbiose das mesmas com tecnologia que as permite reagir através de sons, havendo assim interação entre as crianças e o sistema.

Foram questionados 37 alunos do 1º do ensino básico, antes e após terem contactado com este sistema interativo, a fim de perceber se o objetivo do estudo estava a ser cumprido. Os resultados revelaram-se promissores visto que as respostas do questionário final mostraram que os participantes ficaram muito mais conscientes das plantas enquanto seres vivos, das suas ações e comunicação. Este projeto ajudou então a que os envolvidos se tornassem mais atentos, sensibilizados e empáticos para com as plantas, contribuindo assim para a sua educação ambiental.

Agradecimentos

Este projeto não teria sido possível sem a ajuda dos seres abaixo listados. A minha mais sincera gratidão:

Ao professor Gilberto Bernardes por acreditar que eu podia contribuir de alguma forma para o crescimento do projeto *Flormiga*.

À OJM por me ter aceitado nesse mesmo projeto.

Ao Tiago Lêdo por toda a inspiração.

À Nádia Carvalho por toda a ajuda e paciência.

Aos meus pais, Teresa Martinho e Paulo Dias, por me apoiarem sempre, aconteça o que acontecer.

À Inês Ladeiro acreditar em mim e não me deixar desistir.

À Paula Cunha por todo o tempo que perdeu comigo ao longo de toda esta dissertação, sem ela este documento não existia.

Ao Sérgio Cruz por me ter ajudado no processo de configuração da LAN.

Ao Rui Mendes pela partilha do desenho do circuito, pela instrução de como fazer uma PCB em casa, entre outras dicas.

Ao Jorge Forero, por me indicar o que me estava a falhar no processo de realização da PCB.

João Dias

PLEASE BE MINDFUL OF THE TREES,
AVOID PRINTING

AND DON'T FORGET

THE GOAL OF THIS AND THE
PREDECESSOR PROJECTS
IS TO LEAVE BETTER PEOPLE FOR
THE WORLD, NOT (JUST)
A BETTER WORLD FOR PEOPLE

Table of Contents

1. Introduction	1
1.1 Context and Motivation	1
1.2 Project	2
1.3 Problems, Hypothesis and Research Goals	2
1.4 Methodology	2
1.5 Dissertation Structure	3
2. State of Art	5
2.1 Humanity and Plants	5
2.1.1 Plants in our culture	5
2.1.2 Plants Neurobiology	7
2.1.2.1 Wood Wide Web	8
2.1.3 Education, Technology and Ambiental Awareness	10
2.2 Interactive Systems	11
2.2.1 Ubimus	12
2.2.2 IoMusT – Internet of Musical Things	13
2.3 Plants Sonification	14
2.3.1 Sensorized plants	15
2.3.2 Predecessors	16
2.3.2.1 Cant(a)eiro	16
2.3.2.2 Flormiga	17
3. Flormiga's Communication	19
3.1 The bridge	19
3.2 Connecting them	21
3.2.1 Hardware	21
3.2.2 Communication pathways	23
3.2.3 The Sound	26
4. Florquestra in School	28
4.1 Participants	28
4.2 Reaching Young People	28

4.3 Methodology.....	30
4.4 Results.....	30
4.5 Results Discussion	35
5. Conclusion and Future Work.....	37
6. References	38
7. Appendixes.....	47
7.1 Appendix A – Participation Authorization	47
7.2 Appendix B – Sessions Plans.....	49
7.3 Appendix C – Questionnaires Session 1	52
7.4 Appendix D – Questionnaires Session 3.....	89
7.5 Appendix E – florquestra_sound link	126

List of Figures

Figure 1. Scale-free network (Simard, 2018).	9
Figure 2. Flormiga's with 3D printed box.	20
Figure 3. Circuit design.	21
Figure 4. Printed circuit board with holes and some components pre-soldering phase.	22
Figure 5. Wooden boxes.	23
Figure 6. <i>Florquestra</i> 's LAN server.	24
Figure 7. Sensors ideal range and flow.	25
Figure 8. <i>Florquestra</i> Flow.	26
Figure 9. Florquestra in School	29

List of Tables

Table 1. Perception of plants as living beings.	30
Table 2. Understanding the plant's needs for survival	31
Table 3. Realising how sensitive plants are to their environment	31
Table 4. Realising that plants react to their environment	32
Table 5. Kind of reactions	32
Table 6. Communication between plants	33
Table 7. Why don't they communicate?	33
Table 8. What do they say to each other?	33
Table 9. Empathy	34
Table 10. Why?	34
Table 11. Concern and awareness of plants	34

Abbreviations and Symbols

AP	Actions Potential
CNC	Computer Numerical Control
DIY	Do it Yourself
DSP	Digital Signal Processing
GPS	Grande Pesca Sonora
IoMusT	Internet of Musical Things
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
MSLA	Masked Stereolithography Apparatus
MSP	Max Signal Processing
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
MusT	Musical Things
OJM	Orquestra de Jazz de Matosinhos
PCB	Printed Circuit Board
Pd	Pure Data
TRRS	Tip, Ring, Ring, Sleeve
USB	Universal Serial Bus
UV	Ultra-Violet
VP	Variation Potential

1. Introduction

With the development of society, care for the environment has been losing value. The industrial development and growth of the cities, which make them big centers, have been decreasing the number of green spaces, and, as consequence, it also decreases the number of areas where children can play outside and interact with nature (Costa & Costa, 2012; Ruggles, 2017). *Florquestra*'s proposal intends to bring awareness to the value of caring for nature and the environment, having children as target group. It is expected the leverage technological development of *sonified* plants, so children can acknowledge the importance of caring for nature, which should not be underrated by all the development present in our day and age.

Often, plants are seen as inanimate and quiet (Ruggles, 2017; Mancuso & Viola, 2016). However, that is far from the reality. This project brings more awareness about plants and their environment, making us (society) more aware of their activity as living beings.

Ecological education should be regarded as something that needs to be part of educational systems to make better children for the world and not just a better world for children and the next generations.

1.1 Context and Motivation

Florquestra is a project to expand the precedent one, *Flormiga*, that has been developed in collaboration with OJM. It is a *sensorized* plant created to promote ecological empathy in grade-schoolers (children between 5-11 years old).

It all began with the project *Cant(a)eiro*, and then *Flormiga* emerged intending to refine it to complement with more interactivity, so people can communicate with the plant as it replies.

As part of *Flormiga*'s team it is easy to be fascinated by all the steps that were required for the plant to communicate back, as we cared for it. Working on projects like that arouses interest to develop interactive systems, knowing that it can transmit something to other people.

1.2 Project

As referred earlier, this project was created to instruct children about the importance of ecological life through the plants.

Florquestra consists of an orchestra that is formed by plants that play the role of musicians in some sort. These plants are always communicating and interacting with each other through the share of data received with their sensors, who collect information about the plant environment.

The collected information are the temperature, the humidity, the capacitance, even the light, it also includes more musical field information like the frequencies and the amplitude of the sounds that will be further produced by the “musicians” of this beautiful orchestra.

Every single data that is collected from every single plant is *sonified*, and the sharing of these details throughout the plants, can make them communicate, allowing them to interact with each other.

1.3 Problems, Hypothesis and Research Goals

The main goal of *Florquestra* is that children could be more aware of nature, developing empathy for plants with the help of technology and interaction.

The research questions are:

- Can we promote empathy for nature?
- Are children aware of plants as living beings?
- Do children notice plants actions?
- Are plant’s communication and nutrient exchanges perceived by children?

Hopefully in the end of this research, we will have children more aware and empathic with nature.

One technological problem in the precedent project was the external computer that were used to process all the data. But it should be smaller and less distracting. A possible alternative can be an integrated micro-computer under in the vase.

1.4 Methodology

This project aims at grade-schoolers between the age of 6 to 10 years old to transmit to that young people, the need to take care of nature.

The ideal approach is firstly to understand and evaluate the mindset that the children have to the ecological matter; afterwards, we would introduce to the children a summarise vision of what plants are, the way they interact with each other, how they have been helping us since the beginning of times and how we can retribute this help, being the goal to enlarge their knowledge and awareness to this matter.

Introduction

After this first step, the system should be integrated to the children's curriculum, for at least one week to understand the changes in behaviour and mindset of the children.

The use of surveys will be a key point, so we can qualify the children mindset, awareness, and empathy, before and after the *Florquestra* experiment.

1.5 Dissertation Structure

Beyond this Introduction (1), where the objectives, motivation and methodology are exposed, there is the chapter of State of the Art (2), where we have reference about the relation between humans and plants, ambiental conscience, the technology and systems that can help me in the development of this project and explore previous related works. The chapter *Flormigas* Communication (3) is an explanation of the development of this project. Then *Florquestra* in School (4) about the implementation and evaluation of the interactive system. Finally, we have Future Work (5) where there are some hypotheses and objectives for further development.

2. State of Art

In this chapter, we will explore some experiences and theories about a plant's way of living, and how they communicate and live together, focusing on their neurobiology (that suggests they have their own “intelligence” and way of reacting). But we can't forget the plant's history and how humanity's history is merged with it. We can't live without them.

We will also present technologies and solution proposals to synthetically show how plants can communicate and interact with which other, so people can see they are not inanimate objects. We particularly explore generative music systems, that allow some interaction to express some plant's reactions. Plants are used as musical interface, aiming to make music about and for them (Patrão, 2017).

2.1 Humanity and Plants

Since many years ago, plants and humans have cohabited in this world, and humans have taken great advantage of them. They have served not only as food, medication, clothing, cultural and religion purposes but mainly to provide us with oxygen. Unfortunately, they have barely received anything in return, since humans have focused more on the development of society and technology, neglecting the care for nature, forgetting that we are part of it and the fact that we can't live without them. Not preserving it won't end well, as we cannot eat or breathe humanity's developments. So, a great question that we kept in mind is “What do plants gain from this project?!”

2.1.1 Plants in our culture

A long time ago, billions of years before the first Men (*Homo Sapiens*), more than three billion years way, our photosynthetic friends arise on Earth. It all began with algae, which evolved

and developed more complex structures into the huge kingdom *Plantae* that we know nowadays. But “just” around 130 billion years from today, flowers emerged, providing more diversity on other kinds of living beings and ways of living (Lonelyleap, 2013).

There is a shared history between plants and hominids (Mancuso & Viola, 2016), because they have been coexisting since millions of years, and that’s a factor that contributed to adaptations from both living kingdoms. But humans don’t want just to adapt, they have the dark necessity to rule overall. For example, in religion, plants have not been seen with good eyes. We can read in the Bible’s Genesis, that plants weren’t worth Noah’s effort to be in the Ark, assuming that plants were seen as super living beings to survive a flood, or as useful objects. Despite that, the Bible also tells us that Noah planted vine after landing. Plants were also condemned together with witches, since some psychotropic and aromatic plants (henbane, fennel, parsley, garlic, etc.) were used for witchcraft, according to the Inquisition (Mancuso & Viola, 2016; Rätsch, 2005; Müller-Ebeling, Rätsch & Storl, 2003). Indigenous communities like Native Americans made use of plants in shamanic practices or other traditions (Mancuso & Viola, 2016; Rätsch, 2005). The Roman Empire was full of people that enjoyed the fragrances in parties, or ornaments made from flowers (Griner, 2002).

Plants are not just coexisting with us, they are also coevolving, as biologist Peter Raven (Raven, 2019) and his colleague Paul R. Ehrlich called the process of interaction of one specie with and responding evolutionarily to another. That was the definition of the term coevolution (Ehrlich & Raven, 1964) which can be proven by the history of both species. The hominids had many morphological adaptations from the interaction with plants, like the teeth and the gastrointestinal system. And of course, they have also adapted biochemically to the ingestion of plants. Medically speaking, the ingestion of amino acids from plants have prevented symptoms of influenza (Schall, 2018) and the vitamin C obtained from citrus fruits prevented from scurvy (Martin & Li, 2017).

One big step for the evolution of humanity was the domestication of plants. Before that, there were just wild plants, so the humans had to be nomads to gather food from plants and hunt to guarantee their survival. But taking seeds from wild plants and growing them lead to the development of genetic changes, with the plants becoming weaker to survive in the wild and more dependent of humans. These changes mediated by humans were part of the artificial selection described by Darwin. Domestication is considered the most important technological development of the last 15,000 years (Diamond, 1997). This improvement allowed humans to settle in permanent communities, causing a big cultural shift.

With environmental degradation, we need to think about how we treat plants. We need to grow them and eat them, but if we don't care about conserving plants and the environment, we'll end life on this planet.

2.1.2 Plants Neurobiology

For centuries it has been told that plants have some kind of intelligence enabling them to feel and react to the surrounding environment (Mancuso & Viola, 2016). But humanity has been suffering from *plant blindness* (Wandersee & Schussler, 1999), which is a phenomenon that leaves humans ignoring plants like they are higher in the living hierarchy, as represented in *scala naturae* - the ladder of life where plants are placed at the hierarchical bottom, perceived as immobile, insensitive, and passive. The sessility of plants leads us to believe that we are superior to them, but without them, there's no life. The inability to move from a place to another made plants evolve into modular bodies.

The identification and classification of subspecies of plants were just made in the 18th century by the scientist Carl Nilsson Linneaus, who already studied the reproductive system of plants (Mancuso & Viola, 2016; Lonelyleap, 2013). In the same century, Burden-Sanderson discovered electric signals in plants, that work like animal's nerves, what made Charles Darwin assume there's a brain in a plant organism, and therefore, that they can be considered intelligent beings (Mancuso & Viola, 2016). These electric signals were later discovered in the roots of the plants and even in mycelium, which is a fungus network that connects them (Leudar, 2015). The sensitive biology and electromagnetism of plants were tested until the 1970s (Haupt & Feinleib 1979; Tompkins 1974), then fell into oblivion. Fortunately, at the beginning of this century (XXI), some biologist (Baluska et al. 2006; Brenner et al. 2006) revived these studies and introduced the plant neurobiology.

Despite being sessile, plants can sense other beings and what happens in their environment. They can even communicate between each other (Mancuso & Viola, 2016; Ruggles, 2017), making it possible to ask for help when they lack nutrients or if in danger. They can sense to the point they can distinguish between bright and darkness, they know the intensity and quality of the light and even the direction if its source (Wang, 2014; Mancuso & Viola, 2016). When the chemical substances of the soil are absorbed, plants know its quality. Some subspecies can feel touch, leading to behaviours such as closing the leaves and petals or enabling vines to climb. These bodies can sense everything around, in the under and overground (Mancuso & Viola, 2016).

Plants are living beings with a considerable flexibility of adaptation to environmental variations, what influences their development and physiological behaviours. To survive and grow in a changing environment, apparently, they can choose when and:

(a) where to search for nutrients; (b) what to generate or not; (c) how many progenies reproduce; (d) where to communicate with surrounding organisms through chemical signals.

All these choices and chemical interactions don't work without a coordinated cell-to-cell signalling, which does not happen without capacity for memory and perception.

2.1.2.1 Wood Wide Web

As written by Baluška et al. (2010) and Bierdrzycki et al. (2010) trees are known to perceive and communicate with each other and other plant species through root pathways. These pathways are a network called Wood Wide Web (Simard et al., 1997; Beiler et al., 2010; BBC World Service, 2020), a term coined by Dr. Suzanne Simard, a professor of forest ecology at the University of British Columbia. It is a colloquial name that describes mycorrhizal networks. These systems are formed by a symbiotic association between tree and plant roots with mycorrhizal mycelium (Simard et al., 2012) and it can link the roots of different plant hosts (Molina and Horton, 2015). Mycorrhiza came from the Greek words fungus (*mycos*) and root (*rhiza*) (National Geographic, 2018). Mycelium is a group of fungi threads, that grow within tree and plant roots, allowing fungi to absorb the excess sugar and connecting the roots of several plants (TED-Ed, 2019). In return, mycelium provides nutrients that they need from the soil (Simard, 2018; National Geographic, 2018). Nowadays, plants are known as microbiomes, inhabited by microbes, that live in all parts of plants bodies, forming networks (Faus and Raes, 2012; Van der Heijden and Hartmann, 2016). Plants and microbes have coevolved, creating communication systems that allow them to interact, sharing information (Baluška and Mancuso, 2013), exchanging water, nutrients and even sending signals of what is happening in their environment, like threats (National Geographic, 2018). Also, Baluška et al. (2010) and Heaton et al. (2012) have associated these communication systems to cognitive behaviours such as decision-making, search and escape movements, and neighbour recognition.

There are mycorrhizal networks with symbiosis between plants and fungi roots in 95% of plant families (Trappe, 1987). But Horton (2015) wrote that because all trees are mycorrhizal in nature, mycorrhizal networks are considered ubiquitous in forests. Simard (2018) proposes that tree communication is mediated through mycorrhizae and these networks are involved in tree cognition. Their development is due to the coevolution of the communication between fungi and plants, like signal perception and neurotransmitter-like compounds (Garcia-Garrido and Ocampo, 2002; Baluška and Mancuso, 2013). As referred by Gagliano (2014), plants are increasingly understood to have cognitive capacity for perceiving, processing, and communicating with other plants and organisms. They can learn and adjust their behaviours by using stored information. Having an agency that enables decisions and actions are characteristics of intelligence normally attributed to humans but are increasingly observed in plants (Brenner et al. 2006). Trees and plants can usually be aware of the surrounding environment through leaves, roots, and microbiomes (Karban et al., 2014; Bierdrzycki et al., 2010; Van der Heijden and Hartmann, 2016). If we are aware of plants' capacities to perceive, communicate, remember, learn, and behave, it could help us to be more empathetic and careful with the environment (Simard, 2018).

State of Art

Charles and Francis Darwin proposed the “root-brain” hypothesis, where they refer to a root apex that works similarly to the brain of an animal, enabling plants to control their behaviour (Darwin, 1880). But there is no brain in plants, no neurons, or neurotransmitters, basically no neural network that allows them to make decisions, make plans, organize behaviours, or solve problems (Brenner et al., 2006; Gagliano, 2014; Barbey, 2017).

It is important to know the topology of the mycorrhizal mycelia, the arrangement of nodes and links of plant communication networks. Bascompte (2009) stated that network topology determines how freely nodes interact with each other; how intense, frequent, or efficient their interactions are; and how vulnerable or resilient the network is to loss of specific nodes or groups of nodes. The distribution of links per node follows a power-law, where there are a few highly connected nodes (i.e., hubs) and many weaker connected ones with small-world properties (cliquish, with frequent and strong links within cliques). This has been shown by research in network neuroscience, meaning that general intelligence is positively correlated with neural network architecture that is scale-free (Fig.1.) (Barbey, 2017).

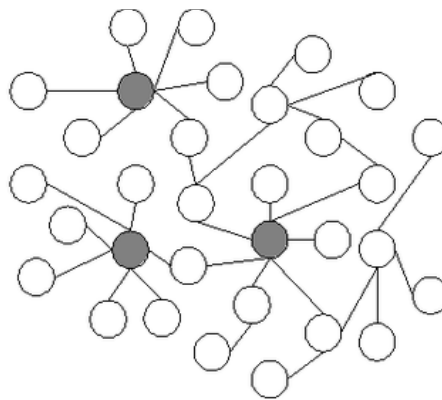


Figure 1. Scale-free network (Simard, 2018).

According to Gagliano (2012) even faster and more efficient signalling between plants could occur via sound transmission through mycorrhizal networks. Although equivalent to a conversation over the phone, however, this type of communication has yet to be explored in mycorrhizal networks. The transmission of signals between plants through mycorrhizal fungal networks constitutes communication. When signalling is communication, the signals that are communicated constitute language (Gagliano and Grimonprez, 2015). Plant nodes and fungal links are involved in the regulation of interplant communication. Resources and signals are bidirectional between plants through the fungal networks according to supply and demand or stress gradients in the plant communities. According to Simard (2018) this represents a complex underground trading system.

2.1.3 Education, Technology and Ambient Awareness

Nowadays, more than ever, it is very important to develop the relationship between nature and children, also to build the empathy with plants. But this is becoming more and more difficult due to the technological boom.

According to Young (2006), this turned into a paradox, because at the same time as digital technology proliferates in everyday use, there is still a prevailing reluctance to develop the use of technology for young children education. However, early childhood music education has been little affected by wider debates about the use of technology in early childhood practice.

Webster (2002) highlighted some important issues about music technology equipment and software available for early childhood education. Most software follows conventional music education and didactic approaches. He emphasises the importance of transformation in pedagogical strategies about the way that music is conceived.

If we think about the impact of digitalisation on literacy education, there is a difference between two mindsets, a contemporary world as being essentially the same as before, just more technologized and the world as having changed with the digital revolution (Lankshear and Knobel, 2003). It is necessary to adapt concepts and practices in music education. The conceptual way may not be the most appropriate to the digital world.

With the growth of world's population and all the technological development and digitalisation, humans are becoming careless about the nature. Deforestation, climate change, mineral resource depletion, and the extinction of certain organisms suggests that people lack environmental care, thus has been declared as a threat to humanity in the future (Sunassee, 2021). Larijani's work (2010) showed the importance of schools, which can provide better environmental awareness through environmental education. Likewise, Chawla (2009) stated that environmental education can promote environmental values and enhance people's willingness to change their behaviour, which is reinforced by the precedent work of Hungerford, Peyton, and Wilke (1980, 1997) and the United Nations Educational and Science Organization. On this subject, one of the first person to discuss environmental education was William (1969) in the *Journal of Environmental Education*. This author mentioned the necessity to address these problems with a view to the future.

Environmental Education aims and goals have been clarified in the Tbilisi Conference consisting of: 1) *awareness* to help students gain knowledge about environmental concerns; 2) *knowledge* to enable students to gain an understanding of how people interact with the world and the environment; 3) *values and attitudes* which allows students to experience the value of environmental assessment and encourage them to engage in programmes on environmental conservation; 4) *skills* to investigate and solve environmental issues, and *participation* so that students can engage in conservation programmes proactively (Gillett, 1977). Nevertheless, to achieve these goals, it's fundamental to recognise the importance of environmental education in nature protection, as mentioned by Mistral (1994:36) and also include these issues into school

State of Art

curricula in order to improve the awareness to climate change and inspire “children to save nature” (Orr., cited by Stone & Barlow, 2005, p. 1; Kasapoglu and Turan, 2008, p. 229; Köse et al., 2011, p. 94).

To achieve environmental learning there are several types of activities such as nature walks, camping and other outdoor activities. But we can also use other types of stimuli like television, video, books, and new technologies (Clayton and Myers, 2009 in Clayton, 2011), although it is known that the learning process is more effective when in direct contact with nature (Stevenson, 2008).

Several studies have shown that environmental education has various advantages, such as, greater commitment, motivation for stronger academic performance and improvement of social skills. This is more and more noticeable when environmental topics are included in other subjects like science, arts, and social studies. This way, children are able to better value nature and establish a closer and healthier relationship with nature, developing empathy. Sobel (1997) explained that one of the main purposes of environmental education is to help students learn to empathise with nature. Also, Batson (1991) and Berenguer (2007, 2010) focused on this topic, studying empathy and environmental benefits. These investigations established a strong link between the empathy initiated and supported for ecological thinking. Both studies suggest that helping students develop empathy for the environment promotes environmentally friendly behaviour.

Patterson (2010) explored how the incorporation of environmental education in a school can affect students. The results showed increased reliable test scores and that the students had a profound awareness of the environmental problems within the society and felt more inspired to make a difference in the world. Volk and Cheak (2003) also conducted research to assess the advantages of an environmental education programme for students aged between 11 and 12 years. They concluded that the participants displayed higher levels of environmental awareness, self-esteem, autonomy, and critical reasoning (Volk and Cheak, 2003).

According to Larson et al. (2010) outdoor programmes can promote positive environmental attitudes among students. This study demonstrates the benefits of environmental education as an opportunity for children to enjoy environmental learning through outdoor learning (Larson et al., 2010).

2.2 Interactive Systems

In the field of new media arts, there are many variations around the definition of the term interactive (Bongers 2000; Paine 2002), and this wide application of the term doesn't help us to understand how such system's functions and potentials can be applied in future work development.

Currently, the term interactive has been described as something that simply implies some sense of audience control or participation in a system that originates a reaction (Drummond 2009). However, there is a considerable divergence in the way of classifying and modelling interactive sound-generating systems. When the inputs are routed to the outputs, usually, the systems are contextualized as Digital Musical Instruments (Miranda & Wanderley 2006), because of the interface design, gesture sonification (Goina & Polotti 2008) and mapping. This process can include multiple elements originating an ubiquitous system (Lazzarini et al., 2020).

2.2.1 Ubimus

Ubiquitous music (ubimus) is an emergent interdisciplinary field of research that combines music, computer science, education, creative studies, and engineering (Lazzarini et al., 2020). Systems of ubiquitous music could be defined as an environment of musical computation combining many interactions with the user, device, and sound source. This concept arises from the idea of ubiquitous computing (ubicomp), which implies a quotidian surrounded by non-noticed computing (Weiser, 1991). Today's technologies open the possibility to interconnect multiple areas of art and science, and with such diversity it's expectable to expand our creativity. Using this multidisciplinary concept for music proposes the result is ubiquitous music. This concept provides new ways to create and interact in musical activities. There is no need for musical training or mastery of a traditional instrument, a person without any contact with music can still participate in an ubimus creation.

More than a decade of ubimus existence now, developing music with many areas coexisting together, we should remember the first steps of this concept. Supported by ubicomp, ubimus goal was reasearching how can the internet, controllers, sensors, or any kind of interaction add something to music creation, as mentioned in A Manifesto (Keeler et al., 2014). In other words, without computing technologies and their ubiquity, the emergence of ubimus wouldn't be possible.

Besides this definition of many areas of research overlapping, we should pay attention to other ways to describe the term ubiquitous music. It could also be related with our daily music consumption. Ubiquitous means omnipresent. In marketing investigations, the presence of music is a case of study to understand the ways of consuming and sharing music (Oakes et al., 2014). Also, from the ethnomusicological perspective, there are studies concerning ubiquitous music. Lima et al. (2012) evaluated how the resources choice in music education can affect the students, and Quiñones et al. (2013) focused on the impact of ubiquitous music on the way we listen and share music. The concept of omnipresence of music also has an interest and importance, because nowadays, anyone's music is anywhere, anytime (Pimenta et al., 2014). Therefore, it is important to understand how this affects us.

But, in the context of this dissertation, ubimus is more inserted in the field of creativity and interaction (Keller et al., 2011), with the idea that everything is possible in these artistic practices.

State of Art

The main areas embedded in this project are education (Thogersen, 2014), tangible computing (Palaigeorgiou and Pouloulis, 2018) and sonification (Barrass, 2015).

These multidisciplinary interactive systems are considered an ecological environment, considering users interactions with the computational interfaces that shape musical activities. These are called ubimus ecologies (Keller and Lazzarini, 2017). They are dynamic systems, where interaction and the use of audio processing and sound synthesis for music making, the result is a great ecological environment for creativity support (Lazzarini et al., 2015). One of the goals of ubimus systems is understanding how the social interaction with the existing technology affects the musical activities' creativity (Keller et al., 2011).

Before ubimus ecosystems, the literature about music theory was focused on supporting activities executed by professional musicians. But then, the boundaries were pushed, and the making of music is available for anyone who interacts with these systems. Consequently, musical theories and educational practices were replaced and renewed by computer music expertise (Lazzarini, 2017).

Many of these environments are DIY projects with interconnected distributed resources. So, usually the search for low-cost hardware (Keller et al., 2014) and for open-source software (Lazzarini, Timoney, and Byrne, 2015, Lazzarini, Keller, Kuhn, Pimenta, and Timoney, 2015) is a main concern to the creation of ubimus ecosystems. But we cannot forget that mobile and network technologies are also great resources (Wyse and Subramanian, 2013, Miletto et al., 2011).

2.2.2 IoMusT – Internet of Musical Things

The integration of research as ubimus (Keller et al., 2014), Internet of Things (Borgia, 2014), music information retrieval (Burgoyne et al., 2016), human-machine interaction (Rowland et al., 2015) and some others, gave rise to the emerging field, named The Internet of Musical Things (IoMusT). It was proposed a definition of IoMusT as “(...) the collection of ecosystems, networks, Musical Things, protocols, and associated music-related information representations that enable services and applications related to musical content and activities, in physical and/or digital environments. Music-related information refers to data sensed and/or processed by a Musical Thing, and/or communicated to a human to another Musical Thing for musical purposes. A Musical Thing (MusT) is a device capable of sensing, acquiring, actuating, exchanging, or processing data for musical purposes.” (Turchet et al., 2018).

Considering the IoMusT possibilities, we can make use of it in an ubimus ecosystem (Keller and Lazzarini, 2017). For example, with a computer and Internet of Things (IoT), it's possible to create an interactive system, where we can have human-machine and/or machine-machine interactions. IoT is a term created to give emphasis to what it's reachable with Internet Protocol.

Technologies as wireless sensors networks (WSNs) (Dargie and Poellabauer, 2010) allow the communication between machines. Opening paths to data sharing and automation. In the music context, these wireless networks need an ultra-low latency. And the best IoT wireless communication protocols can go under latencies of tens of milliseconds. To a Musical Things to work properly, it's necessary low latencies in the order of milliseconds (Rottondi et al., 2015, 2016). Although, to avoid deterioration of the signal while sharing data, it's necessary latencies around 10-10 (Fettwis, 2014). So, with that, users can experience interaction remotely, being in the same physical space or not.

2.3 Plants Sonification

Sonification is “(...) the use of non-speech audio to represent information.” (Hermann & Neuhoff, 2011, p.9). In *Flormiga* (Lêdo, 2019; Lêdo et al., 2020), the sonification of plants involves the process of transforming data in an acoustic signal that creates a path for interaction. We can have several data obtained from sensors and use them to translate the electrical pulses from plants. This kind of reaction can be affected by water, gravity, touch, light, weather, moon cycles, etc. (Patrão, 2013).

To collect data, and its variations, from these interaction sources sensors are used such as galvanometers (to read electric current variations when a plant is touched), photo-conductive cells (to read the light variations in the environment), and capacitive moisture sensors (to read soil's moisture). The data processing usually requires help from a microprocessor, like Raspberry Pi, whereby we can manipulate the data with software like Sonic Pi or Pure Data.

Data from action potentials, micro-voltages, moisture levels or tension, movement and growth, photon counting (when bioluminescent), resistance and impedance are the possibilities from the physiology of a plant. But we cannot forget that environment has a big role in plants life, and from that we can measure humidity, pH level, soil moisture, temperature, light levels (plant_sensing, 2018). In plants, action potentials are fast signals of very short duration while variation potentials might change slowly over long periods of time. The variation potentials (electrical signals propagated hydraulically in plants) are slow, on the other hand, action potentials are fast signals (Leudar, 2015).

The first attempts to reproduce this process were chaotically noisy and high-pitched because of the random sine and saw waves. Attempts were also made using piano or other acoustic instruments, but this was too much anthropomorphization in the process (Leudar, 2015, p.5). Nowadays, with the do-it-yourself (DIY) culture many people pursue different experiments, such

State of Art

as experimenting plants as MIDI controllers, leveraging easy access Playtronica's tools, amplifying the sounds of the plants or like in The Vegetable Orchestra, shaping vegetables into playable instruments.

2.3.1 Sensorized plants

In their decision making and information processing methods, prioritizing their well-being, plants gather information about their surroundings. This information is conducted through electrical signals in response to stimuli like vibrations, changes in light and temperature, intensity, and humidity (Lobo et al, 2023).

Additionally, research has shown that plants can emit electrical signals in response to those changes in their environment (see, e.g., Alexander et al., 2010, 2017; Yang Chen et al., 2016). The common electrical signals in plants vary from action potentials (APs) to variation potentials (VPs) (Vladimíra Hlavácková et al., 2007). When a plant is stimulated electrically (Patrick and Robert, 2007) or mechanically (Robert, 2014), it can generate a high-frequency electrical signal, typically in the kHz regime, in the form of AP, that is transmitted through the plant.

To have access to these electrical signals, some researchers have developed a multi-source monitoring system, based on sensors to collect and store those signals. Lobo et al. (2023) used this monitoring system with a specific plant called *mimosa pudica* to study this interaction with the environmental conditions. They use a simple setup of electrodes sensors for acquiring data from the electrical response of plants and environmental sensors (TED, 2017), and a software program able to store and display the sensing data on a real-time dashboard. The preliminary results measured from the environment (temperature and humidity) and from the *Mimosa pudica* plant seem to identify a relationship between the plant's VP obtained by an extracellular electrode and environmental temperature variations. Although in need of further studies, this research shows that it is possible to have access to electrical response of plants to environmental stimuli.

There are some projects where plants are sensorized with the goal of being like musical instruments, as we can see in the work of the artist Mileece, that uses electrode sensors to collect data from plant's APs and VPs, which is converted into music (Mileece, 2011; Motherboard, 2014). Also, DigiScore (2023) makes use of electrical, light and humidity sensors to track changes in the plant's environment, which enables music generation using digital signal processing (DSP).

Likewise, Khait et al. (2023) to investigate plants' airborne sound emissions, constructed a recording system, where each plant was recorded simultaneously by two microphones. These authors recorded ultrasonic sounds emitted by tomato and tobacco plants inside an acoustic chamber, and in a greenhouse, while monitoring the plant's physiological parameters. They have been able to comprove that plants emit airborne sounds, which can be detected from several meters away, and that the emitted sounds carry information about the physiological state of the plant. By training machine learning models, they were able to distinguish between drought-

stressed, cut, and control plants, based only on the sounds they emit. These results demonstrate the potential in studying plant bioacoustics and the role of this in other areas like environmental concerns or agriculture. Plants exhibit significant changes in their phenotypes in response to stress. They differ visually, with respect to both colour and shape, from unstressed plants (Hsiao, 1973; Jackson, 1986; Mahlein, 2016; Potters et al., 2007).

2.3.2 Predecessors

2.3.2.1 Cant(a)eiro

Cant(a)eiro was a project developed to create music in a scholarly environment, using a combination of plants and computer technology (Lopes & Ferreira, 2017).

With a big concern for the environment, the idea of the project was to promote the relationship of proximity between plants and grade-schoolers, believing that the creation of music with the help of a plant could awake the conscience of the importance that the plants have in our ecosystems and thus, the perception of the necessity of caring for the environment, not forgetting the importance of this project in the field of music creation (Lêdo, Lopes & Penha, 2020).

In this project, the researchers used three sensors that retrieve data about the plant's humidity, luminosity, and oxygen (with a galvanic sensor). Small sized plants are a better option to be embedded with this hardware. The data is transmitted by the sensors and runs through an original digital software that does the trigger of audio files, according to a pre-defined reaction for each sensor. There are two ways to get sound out of this instrument, one is to touch the plant's leaves which triggers one or more predefined audio files in the software, and the other way is an autonomous way with the help of the data provided by the sensors (Lêdo, Lopes & Penha, 2020).

Concerts, workshops, and many sessions with the *Cant(a)eiro* were integrated in the work of the “*Grande Pesca Sonora*” (GPS), where the concerts “*Afinação das Sementes*” in December 2016, “*Tributo a Sir David Attenborough*” in 2017 February and “*Música com plantas, plantas com Música*” in 2017 March stood out. All those concerts were integrated by themes composed by the students and the people who participated on the GPS of that school year. These themes came out during improvisation sessions and then were refined and written on more conventional scores. In July 2017, with the *Cant(a)eiro*'s positive feedback that the educational team was receiving from the schools, organizations and other people involved, started a new phase for the project. There were two objectives:

- The intensification of the musical, educational and pedagogical aspects with the help of what *Cant(a)eiro*'s can provide.
- The consolidation and simplification of all the technology hardware to make a *Cant(a)eiro* that could be built on the schools.

The first step towards meeting these goals was a pedagogic and musical work in the School Carl Orff Project. The participants of this project were children between 8 and 11 years old. This

State of Art

work was approached in two different contexts: music ensemble and individual lessons of the instrument. Both contexts had just two sessions each, with the duration of two hours. The classes of the music ensemble were based in improvisation, musical experimentation and some performances where they played a soundscape and the children tried to complement the sound by playing conventional instruments or the non-conventional instrument *Cant(a)eiro*. The individual sessions were just with a piano student. After the student learned how the software works and how it could interact with the plant, some dialogue exercises, improvisation with new audio files and melody creation for the plant. In the last sessions a composition was created with a more regular structure, approaching everything mentioned before (Lêdo, Lopes & Penha, 2020).

In conclusion, the children joined the idea of making music with plants and all the related activities of exploration and musical improvisation. From the musical experience grew the need to upgrade the software and to integrate *Cant(a)eiro* in schools. From this last necessity, a new project was born: *Flormiga* (Lêdo, Lopes & Penha, 2020).

2.3.2.2 *Flormiga*

Flormiga was a project developed following the educational programme carried out by OJM, it was built from the material developed at *Cant(a)eiro* and was associated with a master's thesis, by Lêdo (2019). It promoted the sonic plant as an artistic proposal and a scholar prototype with the objective of promoting a sensible relationship between grade-schoolers (children between 5 and 11 years old) and plants, with the help of music and sound design (Lêdo, 2019). Based in the different rhythms of the life of plants and human beings, this project used three personality-based strategies to create affective bonds between all the participants, believing that this could provide meaningful experiences. A personality is attributed to the plant, influencing the generated sound. They can be bold, timid, or impish. The sound reacts to touching the leaves and the vase. It's also possible to obtain a response when we whistle (Tiago Aires Lêdo | *som flores*, 2019).

The prototype makes use of technology that allows us to extract data, through the measurement of some elements of the plant environment, such as, temperature, humidity, capacitance, light and even sound. These elements can be measured with the help of a moisture sensor, a photocell, and a microphone, respectively. The data is processed with software to give us a real time interactive experience, where we can hear a generative sound design inspired in organic processes, like roots growth or leaves movement.

It was designed as a small size setup, which influenced all the development, since the choice of the hardware to the size of the plant and the vase. However, given the software required, a computer was still necessary, which made the system not portable enough (and distracting) to be used in schools. The idea of a tiny size emerged with the observation of the delicate behaviour when someone interacts with small things.

3. *Flormiga's Communication*

Departing from Lêdo's *Flormiga* project (2019) and inspired by nature's way of communication through fungal networks (Baluška et al, 2009; Beiler et al, 2010; Molina and Horton, 2015; Barbey, 2017; Simard, 2018; TED-Ed, 2019; BBC World, 2020), we propose the development of a communication framework for the *Flormigas*. This framework integrates a communication protocol, where the *sensorized* plants can share sensors' data among them. All the data is related to the plant's environment.

The communication framework was applied to three *Flormigas* (adapted from the previous project) and evaluated its impact by testing the interactive system in a school by elemental grade-schoolers for one week.

3.1 The bridge

Between 2019's *Flormiga* and *Florquestra*, a lot of work was done on OJM. The previous prototype needed to be more compact as all the sensors were connected to a laptop through a microcontroller to process all the information. This system wasn't small enough and could be a distraction in the context of elemental grade-schoolers' classroom, taking the focus away from the plant.

To make the prototype more compact, we adapted the laptop-based setup to a Raspberry Pi, which is a Linux based microcomputer and controller (an all-in-one component). In consequence, and because the operating system used in the small computer doesn't supports Max MSP, we had to transcribe all the generative sound patch to Pure Data (Pd), which we found to be the best alternative.

The sound is generated the same way it was in the previous prototype, receiving data from the same sensors:

- the soil moisture capacitive sensor to give us temperature and capacitance data.
- a photo-conductive cell, for brightness information.

- an USB microphone, to capture the whistle.

It was designed a 3D box to hold he vase on top and hide all the components from the user's sight (Figure 2.).



Figure 2. Flormiga's with 3D printed box.

To fit everything in the small 3D-printed box, we upgraded from a breadboard to a printed circuit board (PCB), which was also good for fixing the components better in place.

The plant's species used is the same as in *Flormiga*, Jacinto. We also use a metallic vase to amplify the transducer output sound (Lêdo, 2019), but with a different amplifier that is more suitable for Raspberry Pi.

3.2 Connecting them

For this project, we needed to construct three *Flormigas*, so that we could apply multi-plant communication. It was very challenging, firstly because making PCB's is not an easy task when you are doing it at home and secondly because of having no access to the previous 3D printed box design, so there was a need to improvise. And that's why they were built in wood. A box integrates all the components for one *Flormiga*.

3.2.1 Hardware

The first big struggle in the hardware's construction was the PCB. It's not easy to do when don't have an ultra-violet (UV) masked stereolithography apparatus (MSLA) or a computer numerical control (CNC) printer. With one of these tools, it is possible to press the circuit design directly in a copper plate (Electronoobs, 2018; DIY TECH BROS, 2019). It is more practical and faster. Without that, the process is a little different (Maurício Bastos, 2023). Mistakenly at first, the circuit (Figure 3.) was printed in a regular white sheet, like the one we use to print documents, and it didn't work because the print wasn't transferring to the copper plate as it should.

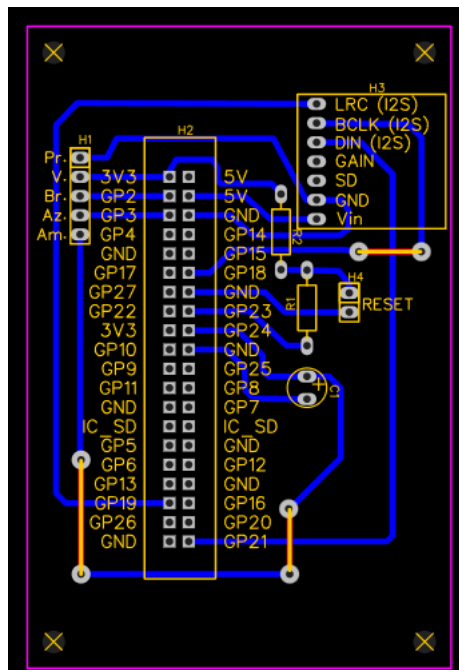


Figure 3. Circuit design.

It is important to use a thermal transfer paper and print the circuit there. Pressing on this coated paper is only possible with toner printers (with laser instead of ink), otherwise the print will be blurred. We don't want a blurred circuit, it would be dysfunctional. The following procedure is to immerse the copper plate, with the printed circuit in it, in iron perchloride. This acid will corrode the copper around the design. Then we must cut the board in the size we wish, and drill the holes in the right place to solder all the components (Figure 4.).

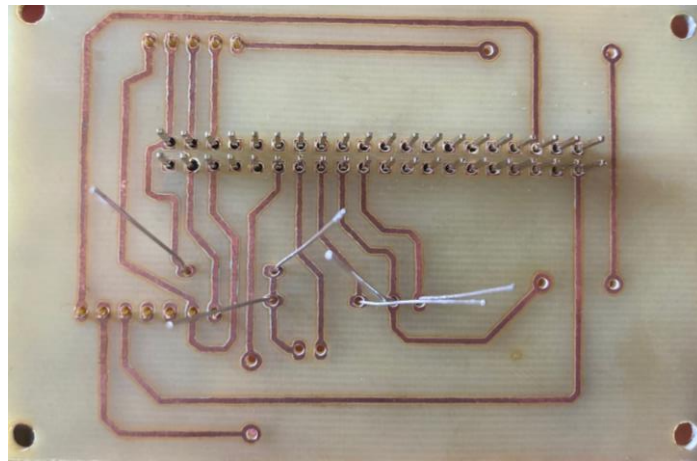


Figure 4. Printed circuit board with holes and some components pre-soldering phase.

After all the components have been soldered, we have to connect the PCB to the Raspberry Pi and test the circuit, turning on the system and hopefully hearing what is expected from a Flormiga's circuit working (Tiago Aires Lêdo | som flores, 2019). If something does not work as expected, or simply does not work at all, something went wrong. Sometimes it is just a small detail, but it makes the difference.

We checked all the sensors installation guides and made sure that they were in good condition. We also checked the welding points, when they were well made but the PCB didn't work, we started over. The holes were drilled as precise as possible, so the solder can stick on the right place of the copper from the printed circuit on the board. This process was repeated until we had the three clones. When everything was working as it should, was time to make the box to support the vase and hide all the components below.

As we didn't have the 3D box design, we adapted the original box to a wooden one, as it was the most viable solution. The boxes were handmade with some recycled pallet wood (Figure 5.). Once everything was in place was time for the next step: the communication protocol.



Figure 5. Wooden boxes.

3.2.2 Communication pathways

Each *Flormiga* receives information about the environment. They receive capacitance data from the soil, temperature, and brightness of the surroundings (Lêdo, 2019). However, they do not communicate this information between them.

In nature plants share information, about their needs and threats. If there's lack of nutrients they will report it to their neighbour plants, hoping they can help by sharing what's missing. The same happens when they are in danger, they send signal to other plants when they are burning in a fire, when they are being eaten or pulled out of the ground (Simard et al., 1997; Baluška et al., 2010; Beiler et al., 2010; Bierdrzycki et al., 2010; Simard et al., 2012; BBC World Service, 2020).

Florquestra is meant to give continuity to *Flormiga* by recreating plant's way of communication through digital language. We hope to develop some sort of digital mycelia. For this to be possible, it is important to have a dedicated network server. Using a router it is possible to create a local area network (LAN) server where we can connect all the *Flormiga's* through the router (Figure 6.). All of them should have different internet protocol (IP) addresses, so they can identify who they are sending data information to, and from where they are receiving it.

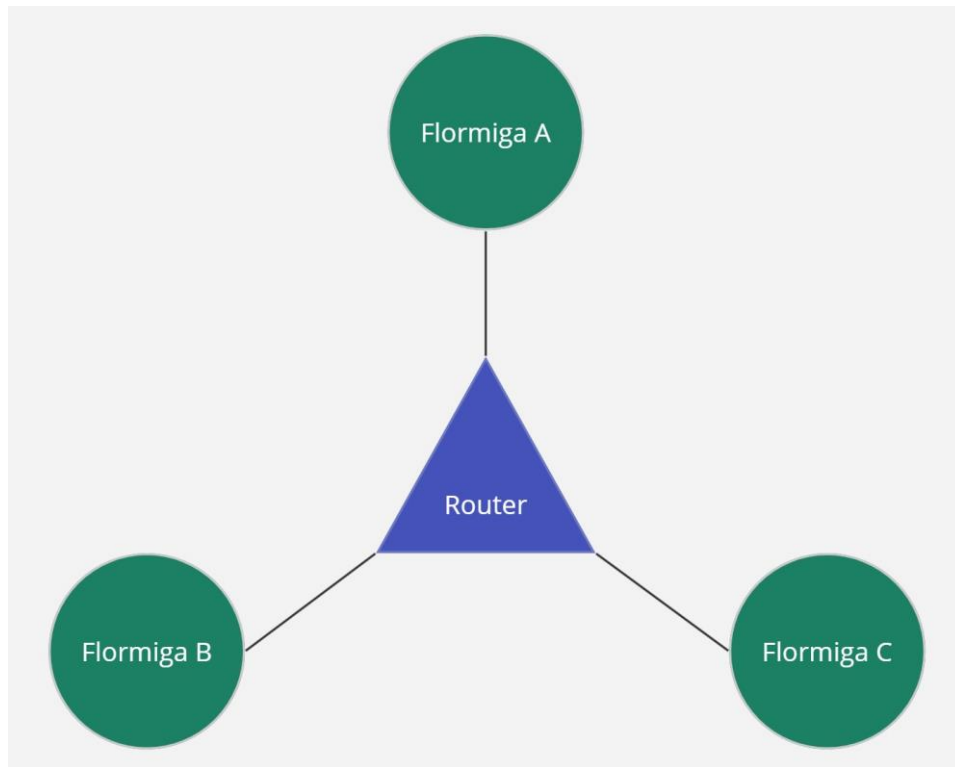


Figure 6. *Florquestra's* LAN server.

With the LAN server done, it is possible to develop the communication protocol between *Flormigas*. Our protocol is supported by the information conveyed by the sensors already implemented in *Flormiga's* previous iteration, especially capacitance, temperature and brightness. In our new hardware support, we need to consider new values as the ideal range for each sensor. From empirical experiments, we reached the values presented in Figure 7.

Flormiga's Communication

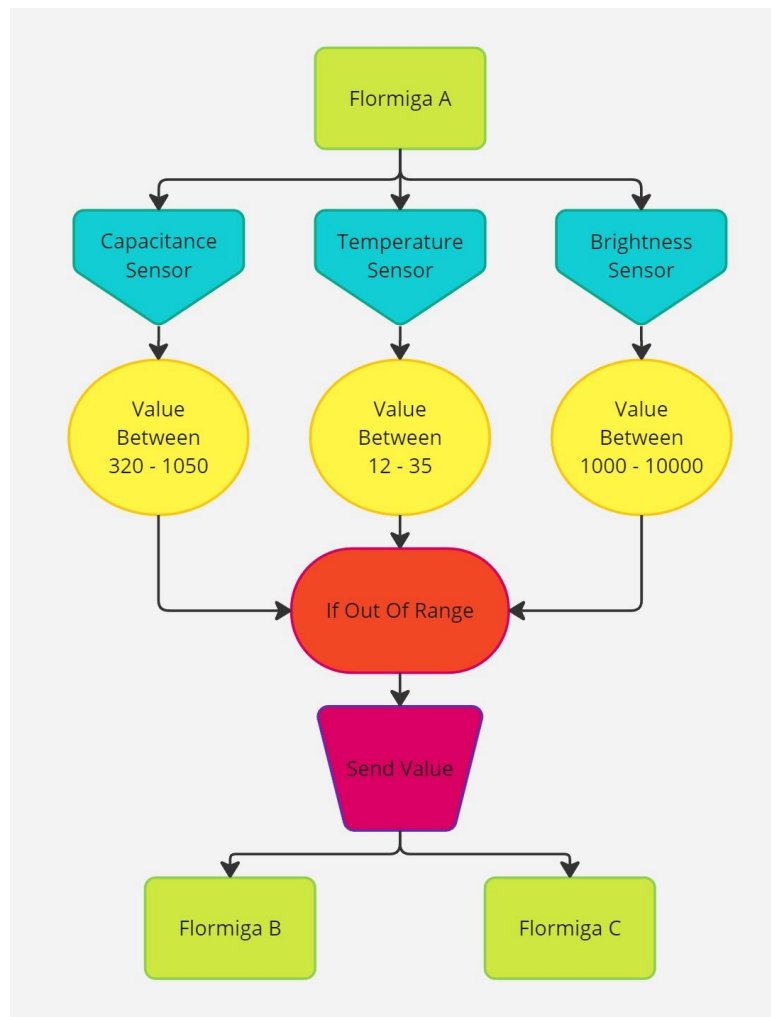


Figure 7. Sensors ideal range and flow.

In this dissertation project we have three *Flormigas* connected in a LAN through a router, as a prototype made for communication, but we can use as many as we can build. These were enough to test a communication network system, where it is possible to exchange data between more than two plants.

This system starts by analysing the values coming from the sensors. If some value of some sensor is out of the ideal range, it will be sent the exact bad value to the other sensorized plants. For example, in case a *Flormiga A* (A) having some temperature value greater or lower than the specified range, it will send the exact number for *Flormiga B* (B) and *Flormiga C* (C). The same happens with the other sensors, if there is some out-of-range value, it will be sent to the others. When B and C receive a bad value from A's temperature, they will process it as a call for help, and then they will send back A their temperature value, if on the ideal range. A received the new values from other plants, making an average, and this will be the new value, if it is good. Again,

we apply the process explained with the temperature sensor to the capacitance and brightness sensors (Figure 8.).

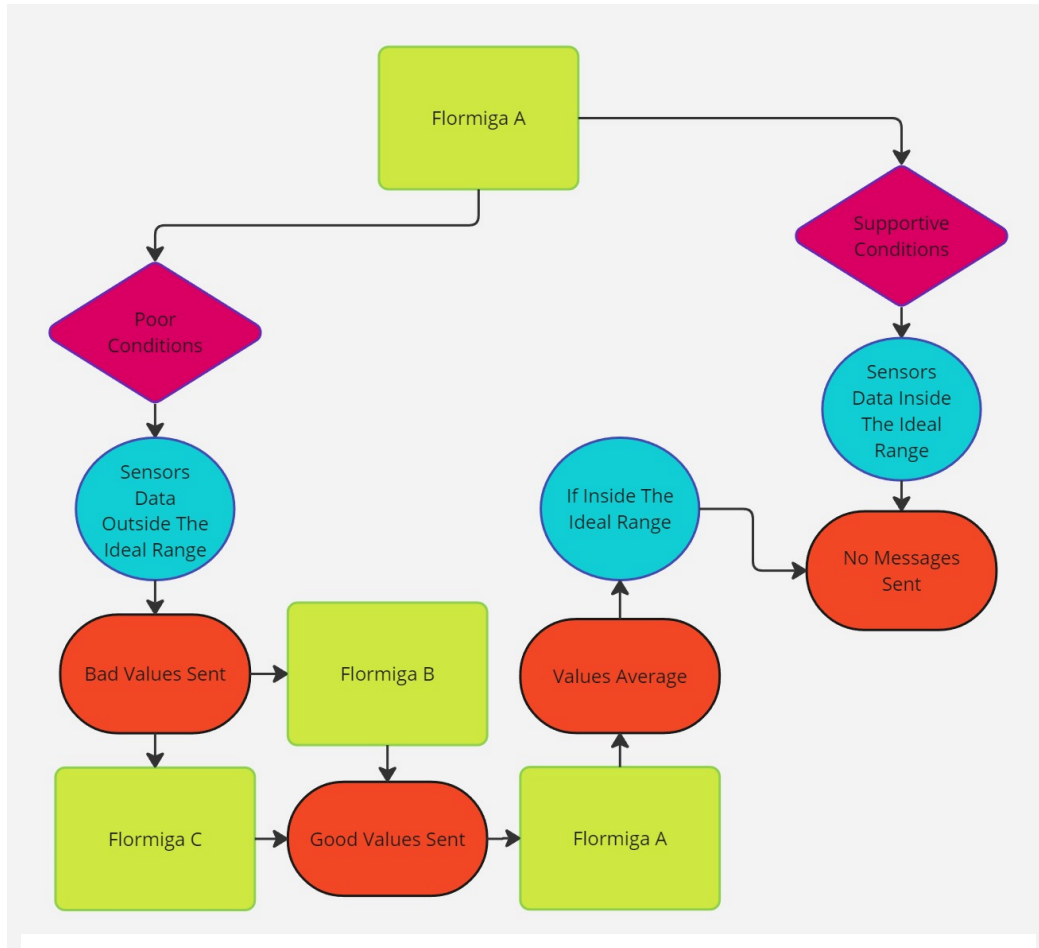


Figure 8. *Florquestra* Flow.

This workflow intends to be a simulation of the messages sent from plant to plant in nature. The requests for help, the poor conditions and other attacks that they may suffer, and how they help each other refusing to die. The figure above is an example of what happen on A, sending messages to B and C, but the same happens from B to A and C and from C to A and B.

3.2.3 The Sound

Florquestra's generated sound (Appendix E – florquestra_sound link) is equivalent to *Flormiga*. (Tiago Aires Lêdo | som flores, 2019). All the programmed sound design was transcribed from a Max/Msp to a Pd patch, which receives data from the sensors. Although the synthesized sounds are result of changes in the plants surroundings the sound are not as *realistic* as the discovered in Khait et al. (2023) research.

Flormiga's Communication

We have three distinct sound compositions:

- Roots: the crackling sounds that pretend to be a sonic simulation of roots movements. Is played when the soil, identified as dry, is watered or when touching the vase. Both actions have influence on capacitance levels, which are scaled, giving origin to the main frequency that powers the system.
- Leaves: it depends on temperature. Its scaled values are the source of the central note's frequency of a sawtooth wave. Here is where the personality's (bold, timid and impish) influence amplitude modulation and envelopes depending on temperatures variations.

It is also responsible for the "laughing" sound, which is the response for users' whistle.

- Flower: is a triangle wave melody with 13 notes, harmonics and subharmonics of a fundamental frequency, as described in Lêdo (2019). When the plant is well hydrated and with enough sunlight, there is a bigger chance to harmonize the frequencies in its melody. It plays when we initiate the system or when we gently caressing the plant, influenced by two probability systems developed by Lêdo (2019).

4. *Florquestra* in School

In this chapter, we report what happened before, during and after *Florquestra* went to school. What had to be done to make it possible to visit a school, the stay and the result of the interaction of nature in a classroom with children of an elementary school.

The lack of care for the environment is a threat for humanity (Sunassee, 2021) and for all living beings. So, it is of extreme importance to educate people on their early childhood. Despite of being known that environmental education is more effective when the experience is directly in nature (Stevenson, 2008; Larson et al, 2010). We hope to achieve children awareness and empathy with environmental education (Batson, 1991; Sobel, 1997; Berenguer, 2007, 2010) by using technology equipment and software, that are a good stimulus on this digital era (Clayton and Myers, 2009 in Clayton, 2011).

4.1 Participants

In this study we had the participation of 37 students of an elementary school, between the ages of 6-10 years old. The school called *Jardim-Escola João de Deus* is in the small village of Alhadas, Figueira da Foz, Coimbra, Portugal.

4.2 Reaching Young People

Florquestra needed a school to be housed in, so that children could interact and take care of the plants. It was therefore proposed to the *Jardim-Escola João de Deus* headmaster the inclusion of this project in the activities of elementary students. The proposal was immediately accepted with joy. A formal document (Appendix A – Participation Authorization) was sent to all parents to inform them about the proposed activity and get their consent for their children participation. It was conducted for five days, from May 13th to May 17th.

Florquestra in School

Before going to the school, three sessions were planned (Appendix B – Sessions Plans), based on lesson plans of the target school class. The first session started with seven questions, answered individually on paper by the thirty-seven children that participated. The questions were as follows:

- *O que é para ti uma planta?* (What is a plant for you?)
- *O que achas que uma planta precisa para crescer bem?* (What do you think a plant needs to grow well?)
- *Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?* (Do you think plants can sense what's going on around them?)
- *Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?* (Will they react when something happens? What kind of reactions?)
- *Será que elas falam umas com as outras? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?* (Do they talk to each other? If not, why? If you think they do, what do you think they say to each other?)
- *As plantas são nossas amigas? Porquê?* (Are plants our friends? Why?)
- *Devemos preocupar-nos e cuidar delas?* (Should we worry and look after them?)

After that, a conversation was held with the children to understand their perception about plants, previous to the experiment. And finally, a presentation of *Florquestra*, explaining to them what this set of plants is, what the system does and letting them know that they will take care of it. The second session was just to install *Florquestra* in the school (Figure 9.), and to tell the youngsters what they should do to take care of the plants. Session three was the end of the experiment. The same thirty-seven children answered the same seven questions from the first session, individually on paper.



Figure 9. Florquestra in School

4.3 Methodology

The method used to analyse the raw text gathered from the inquiries was thematic content analysis. An initial floating reading was made to establish contact with the document and to know the text we were analysing. The pre-analysis was focused on the hypothesis “Did the children's relationship with plants improve after coming into contact with them?”, with the objective of promoting empathy and awareness with plants. The documents used were the ones that resulted from the first and last sessions in the school.

After the pre-analysis, we proceeded with the codification phase. In that process we defined comparable registration units using enumeration rules, such as presence and frequency of certain themes (for example: the participants that said that plants are living beings were inserted in the same registration unit). We used a categorical taxonomy, isolating elements and classifying them. It allowed us to do a categorical analysis.

The data was analysed by three independent analysts to insure the objectivity and fidelity of the results. Eleven tables were made to register the number of the specified themes. In these tables we have registered accurate data related to the pre and post experiment results.

4.4 Results

The first question “What is a plant for you?” (*O que é para ti uma planta?*), has a goal to know how children perceive plants. Before *Florquestra* went to school (pre-test), twenty-eight students answered that a plant is a living being, six answered with a flower type or part of the plant's constitution (for example: rose, tulip, tree, flower, leaf). On the other responses section, we have three different ideas, one said “a plant is a world”, another said that “a plant is a normal plant” and the other said that “we shouldn’t kill plants”. After the experiment, the perception of eight participants has changed for better, just one kept saying that “a plant is a normal plant”. At the end, thirty-six of them know plants are living beings.

Table 1. Perception of plants as living beings.

		Pre-test	Post-test
What is a plant for you?	Living being	28	36
	Type or part of a plant (rose, tulip, tree, flower, leaf)	6	
	Other (normal plant, world)	3	1
	No reply		

“What do you think a plant needs to grow well?” (*O que achas que uma planta precisa para crescer bem?*) is a question to understand if they know what a plant needs to survive. Before the experiment, thirty-six of the children know that plants need earth, water and sunlight. One student

Florquestra in School

just told that we should take care of plants but didn't explain how. And twelve of the thirty-six also answered other things like: air; food; fertiliser; seeds; roots; wind; life; carbon dioxide; friends company. After the contact with the project all the thirty-seven answered plants need earth, water, sunlight but also the number of answers for other components increased from twelve to fifteen.

Table 2. Understanding the plant's needs for survival

		Pre-test	Post-test
What do you think a plant needs to grow well?	Water, sunlight, earth	36	37
	Other (air, food, fertiliser, seeds, roots, wind, life, carbon dioxide, friends company)	13	15
	No reply		

To comprehend if children notice the sensibility of plants to their environment, they answered the question “Do you think plants can sense what's going on around them?” (*Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?*). In the end of the interaction, the answer “yes” had an increase from twenty-seven to thirty-five. Having just two of them answering “no”, instead of the ten that we had in the beginning.

Table 3. Realising how sensitive plants are to their environment

		Pre-test	Post-test
Do you think plants can sense what's going on around them?	Yes	27	35
	No	10	2
	Other		
	No reply		

“Will they react when something happens?” (*Terão reações quando algo acontece?*) is a question asked to know if the students perceive the plants' reactions to what happens in the surrounding. In the post-test, the number of children that think plants react to their environment increased from twenty-six to thirty-two, relatively to the pre-test. Consequently, the number of children that think plants don't react to their environment, decreased from ten to five. It is important to consider that one child didn't answer in the pre-test. To complement this question, it is also important to question “What kind of reactions?” (*Que tipo de reações?*) to understand how they perceive these reactions. In the pre-test twenty of the participants didn't answer, two referred feelings (joy, fear, sadness), one mentioned death, three think about the reactions are movements (grow, spin, shrink), five consider sounds, one said they communicate, four referred sensations (good, bad, burn, pain, being eaten), and one said that just the plants know what reactions they have. In the post-test the number of no reply decreased to sixteen, the number of feelings increased to four, the one that mentioned death kept the opinion, the same happened with the three that

referred movement, the number of sound opinion decreased to three and the number of sensations increased to seven.

Table 4. Realising that plants react to their environment

		Pre-test	Post-test
Will they react when something happens?	Yes	26	32
	No	10	5
	Other		
	No reply	1	

Table 5. Kind of reactions

		Pre-test	Post-test
What kind of reactions?	Feelings (joy, fear, sadness)	2	4
	Death	1	1
	Movements (grow, spin, shrink)	3	3
	Sounds (pleasant or unpleasant)	5	3
	Communication	1	3
	Sensations (good, bad, burn, pain, being eaten)	4	7
	Other (only they know)	1	
	No reply	20	16

What do children think about plants communication? To understand that they answered the question “Do they talk to each other?” (*Será que elas falam umas com as outras?*). Before interacting with *Florqu coastra*, twenty-one said that “plants talk with each other”, fifteen didn’t agree and one didn’t answer. But in the end just one kept the idea that plants don’t talk to each other, thirty-six disagree.

And then they were asked “If not, why? If you think they do, what do you think they say to each other?” (*Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?*). The fifteen children that in the beginning thought plants can’t communicate, had different opinions in the post-test. Four of them told that they can’t “because of the absence of mouth”, two “because we don’t water them”, another two “because they just don’t talk” and seven didn’t answer. Post-test, only one child that kept the idea that a plant can’t talk to another, justifying by saying that “plants don’t talk”.

With the increase of children that think that communication in the plant reign exists, there was also an increase from three to six on the ones that told it happens to warn about the danger, the ones that referred that occurs to talk about sensations (being well, being unwell, weather, what happens in the surrounding) increased from six to fourteen, the number of no reply increased from four to twelve, the communication trough sound (pleasant or unpleasant) decreased from four to one. Three children gave other responses (ask the name, speak normally, about everything) both in the beginning and in the end. On the pre-test, one child said that “plants communicate because they are living beings”.

Florquestra in School

Table 6. Communication between plants

		Pre-test	Post-test
Do they talk to each other?	Yes	21	36
	No	15	1
	Other		
	No reply	1	

Table 7. Why don't they communicate?

		Pre-test	Post-test
If not, why?	Absence of mouth	4	
	They don't talk	2	1
	Other (we don't water them)	2	
	No reply	7	

Table 8. What do they say to each other?

		Pre-test	Post-test
If you think they do, what do you think they say to each other?	Danger Warning	3	6
	Sensations (being well, being unwell, weather, what happens in the surrounding)	6	14
	Sounds (pleasant or unpleasant)	4	1
	They are living beings	1	
	Other (ask the name, speak normal, about everything)	3	3
	No reply	4	12

To understand if the participants are emphatic with plants, we asked them “Are plants our friends? Why?” (*As plantas são nossas amigas? Porquê?*). In the pre-test, just one said “no”, justifying it’s because we don’t water them. Another one didn’t answer and thirty-five said “yes”. A small improvement at the post-test, just increased to thirty-six affirmative responses, one of them said that didn’t know. In the justification didn’t have reply eleven times in both sessions. The pre-test had nine that said “plants are our friends because they provide us oxygen”, six said it’s “because we take care of them”, five said “because they’re essential for human’s survival”, three thought it is “because they don’t hurt us” and two said “plants are our friends because they like us”. At the end, the providence of oxygen reason increased to twelve, “because we take care

of them" decreased to five, being essential for humans remained on five and the “because they like us” increased to four.

Table 9. Empathy

		Pre-test	Post-test
Are plants our friends?	Yes	35	36
	No	1 *	
	Other (didn't know)		1
	No reply	1	

Table 10. Why?

		Pre-test	Post-test
Why?	Oxygen providence	9	12
	Care provided by human beings	6	5
	Essential for human survival	5	5
	They don't hurt us	3	
	*Because we don't water them	1	
	Other (they like us)	2	4
	No reply	11	11

Finally, participants were asked “Should we worry and look after them?” (*Devemos preocupar-nos e cuidar delas?*) to know how the children awareness relatively to plants was. After the contact with the project, thirty-six of them agreed that we should take care of plants, increasing from the thirty-three on the pre-test, where we had three saying other things (need water, yes and no), and one didn't answer. In the end, one said that we shouldn't, even though none of them said that before.

Table 11. Concern and awareness of plants

		Pre-test	Post-test
Should we worry and look after them?	Yes	33	36
	No		1
	Other (they need water)	3	
	No reply	1	

4.5 Results Discussion

Florquestra is a combination of plants and computer technology, just like *Cant(a)eiro* (Lopes & Ferreira, 2017) and *Flormiga* (Lêdo, 2019; Lêdo, et al., 2020). The sonification of these plants involves capture data of their environment with the help of sensors, processing and subsequently transforming it into an acoustic signal that creates a path for interaction. These Musical Things (Must) are capable of sensing, acquiring, actuating, exchanging or processing data for musical proposes (Turchet et al., 2018). It can result in reactions affected by water, touch, light, temperature, etc. (Patrão, 2013). Despite of some hardware similarities *Cant(a)eiro* uses temperature, light, humidity and proximity sensors but *Flormiga* and *Florquestra* were developed using a capacitance sensor instead of humidity and proximity sensors.

All these projects have a big concern with the environment, aiming to promote the relationship of proximity, empathy and awareness about the plants in grade-schoolers. Although *Cant(a)eiro* was developed with the propose of music creation in a scholarly environment, like a musical instrument, *Florquestra* has a different goal, close to *Flormiga*'s. Their objective is to enhance the plants as living being, making them interactive, reacting to the external factors (Drummond 2009). Allowing children to notice their actions. Larijani's work (2010) showed the importance of schools, which can provide better environmental awareness through environmental education. This dissertation, as the previous one (Lêdo, 2019), aims to promote that awareness.

Despite being sessile, plants can sense other beings and what happens in their environment, and communicate with each other (Mancuso & Viola, 2016; Ruggles, 2017). And that what this ubiquitous system pretends to simulate. As written in Lazzarini et al. (2020) a ubiquitous system combines music, computer science, education, creative studies, and engineering. *Florquestra* makes an association of all these parameters.

Cant(a)eiro were integrated in the work of the “*Grande Pesca Sonora*” (GPS), stood out the concerts “*Afinação das Sementes*” in December 2016, “*Tributo a Sir David Attenborough*” in 2017 February and “*Música com plantas, plantas com Música*” in 2017 March. After that the educational team of this project has received positive feedback from the schools, organizations and other people involved (Lopes & Ferreira, 2017; Lêdo, et al., 2020). In 2019, Lêdo has developed *Flormiga*'s prototype, later improved. Reaching schools in 2023, with the format presented in the Figure 2 of this document. After the project went to school it also received very positive feedback, proving it's benefits for children on their environmental education, fulfilling the objectives of promoting empathy and awareness with plants.

It is remarkable what these two predecessors have achieved, both were very well developed and deserved all the recognition. In this dissertation we wanted to obtain once more positive feedback, but this time registered through analysis of the questionnaires that grade-schoolers answered before and after the contact with *Florquestra*. With the results shown on the tables is noticeable the improvements on children's perception of plants actions, empathy and awareness with them. Since the perception of plants as living beings increased from twenty-eight to thirty-

six, the notion of plants sensibility to the environment increased from twenty-seven to thirty-five, the perception of their reaction from twenty-six to thirty-two, the understanding of their communication from twenty-one to thirty-six and the awareness and concern to take care of them from thirty-three to thirty-six. All the categories increased to near the max number of participants. It is positive feedback.

5. Conclusion and Future Work

Despite of humans' coevolution with plants, we are getting less careful with their realm. It could be because of their slow-motion movement relatively to our time perception, or maybe because we just care about ourselves. Plants can't walk or talk but they move a lot, they have their own communication system, they provide us oxygen. So, it is of extreme importance to develop environmental education programs to remember people the importance of taking care of nature. Ubimus systems are a way to do it, with its interdisciplinary interactivity we can combine technology, such as internet and computers, with education, music and nature. This resulted in an interactive sonified system with sensorized plants. We tried to simulate plants communications by connecting more than one *Flormigas*, through a LAN, so it would be possible to exchange data between them.

This dissertation allowed us to register how children perceive plants, and how contact with a sonified plant influences this perception. Even if the interactive experience was for a short period of time, it turned out to be very positive in the way that the thirty-seven young participants perceived plants as living beings, their sensibility to the surroundings, their reactions and communication.

For future work we suggest making the experiment over a longer period and reaching a larger number of schools to have more children involved in the study. Regarding plants reactions, we propose the exploration of different frequencies, intensity and timbre. Allowing that each one of the sonified plants can have their own voice, it will be easier to know which one is communicating with the users. The target audience could also be revised, so that we can broaden the age range and compare gender differences which would be another way to reach more people, for example by developing an interactive installation version of *Florquestra*. It is also important to remember that in the future development of this project we should cover a greater number of sensorized plants to have a real orchestra, whether it is as a school project or an installation.

6. References

- Alexander G. Volkov et al. (2010) *Mimosa pudica*: Electrical and mechanical stimulation of plant movements. *Plant, Cell & Environment*, 33(2):163–173.
- Alexander G. Volkov et al. (2017). Electrotonic potentials in aloe vera L.: Effects of intercellular and external electrodes arrangement. *Bioelectrochemistry*, 113:60–68.
- Baluška, F., Mancuso, S., & Volkmann, D. (2006). *Communication in plants. Neuronal aspect of plant life.*, Springer Berlin Heidelberg, New York.
- Baluška, F., Mancuso, S., Volkmann, D., & Barlow, P. (2009). The ‘root-brain’ hypothesis of Charles and Francis Darwin: revival after more than 125 years. *Plant signaling & behavior*, 4(12), 1121-1127.
- Baluška F, Mancuso S, Volkmann D, Barlow PW (2010) Root apex transition zone: a signalling-response nexus in the root. *Trends Plant Sci* 15:402–408
- Baluška F, Mancuso S (2013) Microorganism and filamentous fungi drive evolution of plant synapses. *Front Cell Infect Microbiol* 3:1–9
- Barbey AK (2017) Network neuroscience theory of human intelligence. *Trends Cogn Sci* 22:8–20.
- Barrass, S. (2015). The musification of furniture in the form of a pouf-doodle. In *Anais do Workshop em Música Ubíqua / Proceedings of the workshop on ubiquitous music (Ubimus 2015)*. Vaxjo: Ubiquitous Music Group.
- BBC World Service (2020, June 11). How trees secretly talk to each other - BBC World Service [Video]. YouTube. https://youtu.be/DUqEB_tGHtw?si=0jUaYcGJZdT1sjl2
- Bascompte J (2009) Mutualistic networks. *Front Ecol Environ* 7:429e436.
- Batson, C.D. (1991). *The Altruism Question: Toward a Social-Psychological Answer*; Lawrence Erlbaum: Hillsdale, NJ, USA.

References

- Beiler, K. J., Durall, D. M., Simard, S. W., Maxwell, S. A., & Kretzer, A. M. (2010). Architecture of the wood-wide web: Rhizopogon spp. genets link multiple Douglas-fir cohorts. *New Phytologist*, 185(2), 543-553.
- Berenguer, J. (2007). The effect of empathy in proenvironmental attitudes and behaviors. *Environ. Behav.* 39, 269–283.
- Berenguer, J. (2010). The effect of empathy in environmental moral reasoning. *Environ. Behav.* 42, 110–134.
- Bierdrzycki ML, Jilany TA, Dudley SA, Bais HP (2010) Root exudates mediate kin recognition in plants. *Commun Integr Biol* 3:28–35.
- Bongers, B. (2000). Physical interfaces in the electronic arts. *Trends in gestural control of music*, 41-70.
- Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications* 54, 1-31.
- Brenner, E. D., Stahlberg, R., Mancuso, S., Vivanco, J., Baluška, F., & Van Volkenburgh, E. (2006). Plant neurobiology: an integrated view of plant signaling. *Trends in plant science*, 11(8), 413-419.
- Burgoyne, J., I. Fujinaga, and J. Downie (2016). Music information retrieval. In S. Schreibman, R. Siemens, and J. Unsworth (Eds.), *A new companion to digital humanities*, pp. 213-228. Hoboken, NJ; Wiley.
- Chawla, L. (2009). The ecology of environmental awareness and action. In *Critical International Perspectives on Participation in Environmental and Health Education*; Jensen, B.B., Reid, A., Eds.; Danish University Press: Copenhagen, Denmark
- Clayton, M. (2011). *Conservation Psychology: Understanding and Promoting Human Care for Nature*. *Landsc. Ecol*, 26, 297–299.
- Costa, M., Costa, S., da Isabel, D. J., Lda, I., & BATALHA, P. F. (2012). As plantas ornamentais como elemento lúdico-pedagógico. Retrieved January 26, 2019.
- Dargie, W. and C. Poellabauer (2010). *Fundamentals of wireless sensor networks: Theory and Practice*. John Wiley & Sons.
- Darwin CR (1880) *The power of movement in plants*. John Murray, London.
- Diamond, J. (1997). *Guns, germs, and steel: The fates of human societies*. New York, NY: W. W. Norton & Company
- DigiScore (2023, November 22). Rhizomessages (plant sound2). DigiScore case study tracking plant data. [Video]. YouTube.
https://youtu.be/VtO_1_aG5XQ?si=J3hqmG7Y7wjoY6s5

- DIY TECH BROS. (2019, November 10). CNC PCB - high quality with the budget 3018 CNC [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=fm5bsq7XD2g>
- Drummond, J. (2009). Understanding interactive systems. *Organised Sound*, 14(2), 124-133.
- Ehrlich, P. R., & Raven, P. H. (1964). Butterflies and plants: A study in coevolution. *Evolution*, 18(4), 586–608.
- Electronoobs. (2018, October 7). The fastest way to make PCBs at home - UV MSLA Printer [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-Qeq7ZgUOuE&t=16s>
- Faust K, Raes J (2012) Microbial interactions: from networks to models. *Nat Rev Microbiol* 10:538–550.
- Fettweis, G. (2014). The tactile internet: applications and challenges. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 9(1), 64-70.
- Gagliano M (2012) Green symphonies: a call for studies on acoustic communication in plants. *Behav Ecol* 24:289–796
- Gagliano M, Grimonprez M (2015) Breaking the silence – language and the making of meaning in plants. *Ecophys* 7:145–152
- Gillett, M. (1977). The tbilisi declaration. *McGill Journal of Education/Revue des sciences de l'éducation de McGill*, 12(002).
- Goina, M., & Polotti, P. (2008). Elementary gestalts for gesture sonification.
- Griner, C. (2002). *Floriculture — Designing & Merchandising* (2 ed.). New York: Delmar.
- Haupt, W., & Feinleib, M. E. (Eds.). (1979). *Encyclopedia of plant physiology: physiology of movements*. Springer-Verlag. Berlin. DE.
- Heaton L, Obara B, Grau V, Jones N, Nakagaki T, Boddy L, Fricker MD (2012) Analysis of fungal networks. *Fungal Biol Rev* 26:12e29.
- Hermann, T., Hunt, A., & Neuhoff, J. G. (2011). *The sonification handbook* (Vol. 1). Berlin: Logos Verlag.
- Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24, 519-570.
- Hungerford, H.; Peyton, R.; Wilke, T. (1980). Goals of curriculum development in Environmental Education. *J. Environ. Educ.* 21, 8–21.
- Hungerford, H.R.; Volk, T.L. (1990). Changing learner behaviour through environmental education. *J. Environ. Educ.* 21, 8–21.
- Jackson, R.D. (1986). Remote sensing of biotic and abiotic plant stress. *Annu. Rev. Phytopathol.* 24, 265-287.

References

- Karban R, Yang LH, Edwards KF (2014) Volatile communication between plants that affects herbivory: a meta-analysis. *Ecol Lett* 17:44–52.
- Kasapoglu, A.; Turan, F. (2008). Attitude-behaviour relationship in environmental education: A case study from Turkey. *Int. J. Environ. Stud.* 65, 219–231.
- Keller, D., L. Flores, M. Pimenta, A. Capasso, and P. Tinajero (2011). Convergent trends toward ubiquitous music. *Journal of New Music Research*, 40(3), 265-276.
- Keller, D., V. Lazzarini, and M. Pimenta (2014). Prologue – ubiquitous music: A manifesto. In D. Keller, V. Lazzarini, and M. Pimenta (Eds.), *Ubiquitous Music*, pp. xi-xxiii. Berlin: Springer.
- Keller, D., V. Lazzarini, and M. Pimenta (2014). Ubiquitous music. Berlin: Springer.
- Keller, D., & Lazzarini, V. (2017). Theoretical approaches to musical creativity: The ubimus perspective. *Musica Theorica*, 2(1), 1-53.
- Keller, D. and V. Lazzarini (2017). Ecologically grounded creative practices in ubiquitous music. *Organised Sound*, 22(1), 61-72.
- Khait, I., Lewin-Epstein, O., Sharon, R., Saban, K., Goldstein, R., Anikster, Y., ... & Hadany, L. (2023). Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative. *Cell*, 186(7), 1328-1336.
- Kose, S.; Savran-Gencer, A.; Gezer, K.; Erol, G.H.; Bilen, K. (2011). Investigation of undergraduate students' environmental attitudes. *Int. Electron. J. Environ. Educ.* 1, 85–96.
- Lankshear, C. & Knobel, M. (2003). *New Literacies: Changing Knowledge and Classroom Learning*. Maidenhead: Open University Press.
- Larijani, M. (2010). Assessment of environmental awareness among higher primary school teachers. *J. Hum., Ecol.* 31, 121–124.
- Larson, L.R.; Green, G.T.; Castleberry, S.B. (2010). Effects of an Environmental Education Program on the Environmental Orientations of Children from Different Gender, Age, and Ethnic Groups. *J. Park Recreat. Adm.* 28, 95–113.
- Lazzarini, V., D. Keller, C. Kuhn, M. Pimenta, and J. Timoney (2015). Prototyping of ubiquitous music ecosystems. *Journal of Cases on Information Technology* 17(4), 73-85.
- Lazzarini, V., J. Timoney, and S. Byrne (2015). Embedded sound synthesis. In *Proceedings of the Linux Audio Conference*. Mainz: Germany.

- Lazzarini, V. (2017). Towards a gradus ad parnassum for computer music. In L. Poitier (Ed.), *Innovative Tools and Methods for Teaching Music and Signal Processing*, pp. 97-117. Paris: Presses des Mines.
- Lazzarini, V., Keller, D., Otero, N., & Turchet, L. (Eds.). (2020). *Ubiquitous music ecologies* (p. 212). London: Routledge.
- Lêdo, R. F. M. (2019). *Music with Plants: Cultivating Bonds Between Grade-Schoolers and Nature Through Sound Design*. (Tese/Dissertação de Mestrado). Universidade do Porto, Portugal. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/121890>
- Lêdo, T. A., Lopes, F., & Penha, R. (2020). Cant (a) eiro e Flormiga: Relato de Dois Projetos de Música com Plantas em Ambientes Escolares. *Revista Portuguesa de Educação Artística*, 10(2), 71-84.
- Leudar, A. (2015). Surrounded: A Series of Sound Installations that Combine Plant Electrophysiology and 3D Sonic Art. ISAST. doi:10.1162/LEON_a_01338
- Lima, M. H. D., Keller, D., Pimenta, M. S., Lazzarini, V., & Miletto, E. M. (2012). Creativity-centred design for ubiquitous musical activities: Two case studies. *Journal of Music, Technology and Education*, 5(2), 195-222.
- Lobo, M. A., Cardoso, J. M., & Rocha, P. R. (2023, June). Electrical sensing of the plant *Mimosa pudica* under environmental temperatures. In 2023 IEEE 7th Portuguese Meeting on Bioengineering (ENBENG) (pp. 191-194). IEEE.
- Lonelyleap (Director). (2013). *The Plant Family Tree* [Motion Picture]. Retrieved Januray 25, 2019, from <https://aeon.co/videos/how-our-developing-understanding-of-plantschanged-our-knowledge-of-life-itself>
- Lopes, F., Ferreira, R. (2017). Cant(a)eiro: A program formusic creation in schools. X International Research in Music Education Conference, (pp 66-67) Bath-Spa University: UK.
- Mahlein, A.-K. (2016). Plant disease detection by imaging sensors-parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Dis.* 100, 241-251.
- Mancuso, S., & Viola, A. (2016). *Verde Brilhante—A Sensibilidade ea Inteligência das Plantas*. (I. Canhoto, Trans.) Lisboa: gradiva.
- Martin, C., & Li, J. (2017). Medicine is not health care, food is health care: Plant metabolic engineering, diet and human health. *New Phytologist*, 216, 699–719. <https://doi.org/10.1111/nph.14730>
- Maurício Bastos. (2023, May 3). Placa de circuito impresso com papel TRANSFER [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=gRofs6dqxgw>

References

- Mileece (2011, March 10). Glitter Philodendron, Squeeks, Crickets and Wind Sounds [Video]. Vimeo. <https://vimeo.com/20902226>
- Miletto, E., M. Pimenta, F. Bouchet, J. Sansonnet, and D. Keller (2011). Principles for music creation by novices in networked music environments. *Journal of New Music Research*, 40(3), 205-216.
- Miranda, E. R., & Wanderley, M. M. (2006). New digital musical instruments: control and interaction beyond the keyboard (Vol. 21). AR Editions, Inc..
- Mistral, R.P. (1994). Indian Worldview and Environmental Crisis. Environmental Education for Sustainable Development. Ph.D. Thesis, State University of New York, Albany, NY, USA.
- Molina R, Horton TR (2015) Mycorrhiza specificity: its role in the development and function of common mycelial networks. In: Horton TR (ed) Mycorrhizal networks, Ecological studies, vol 224. Springer, Netherlands, pp 1–39.
- Motherboard (2014, September 16). Meet the Sonic Artist Making Music with Plants: Sound Builders [Video]. YouTube. https://youtu.be/wYU18eiiFt4?si=aXE_cdFwA5t-nQab
- Müller-Ebeling, C., Rätsch, C., & Storl, W.-D. (2003). Witchcraft Medicine: Healing Arts, Shamanic Practices, and Forbidden Plants. Simon and Schuster.
- National Geographic (2018, September 11). How Trees Secretly Talk to Each Other in the Forest | Decoder [Video]. YouTube. https://youtu.be/7kHZ0a_6TxY?si=8fTU1TDFm9MGIPT
- Oakes, S., D. B. Dennis (2014). Ubiquitous music: A summary and future research agenda. *Marketing Theory* 14(2), 141-145.
- Paine, G. (2002). Interactivity, where to from here? *Organised Sound*, 7(3), 295-304.
- Paterson, J. (2010). Integrating Environmental Education. *Educ. Digest*. 75, 38.
- Patrão, C. (2013, January 19). Plant Consciousness & Communication. Retrieved January 21, 2019, from Zepelim — The Inner Reaches of Outsider Communication: <https://zeppelinruc.wordpress.com/2013/01/19/zepelim-plant-consciousnesscommunication/>
- Patrick Favre and Robert degli Agosti. (2007). Voltage-dependent action potentials in arabidopsis thaliana. *Physiologia plantarum*, 131 2:263–72.
- Palaigeorgiou, G., and C. Pouloulis, (2018). Orchestrating tangible music interfaces for in-classroom music learning through a fairy tale: The case of ImproviSchool. *Education and Information Technologies*, 23(1), 373-392.

- Potters, G., Pasternak, T.P., Guisez, Y., Palme, K.J., and Jansen, M.A.K. (2007). Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble? *Trends Plant Sci.* 12, 98-105.
- Pimenta, M., D. Keller, L. Flores, M. de Lima, and V. Lazzarini (2014). *Methods in Creativity-Centred Design for Ubiquitous Music Activities*, pp. 25-48. Berlin: Springer.
- plant_sensing. (2018, April 11). Retrieved February 4, 2019, from librarynth: https://librarynth.org/plant_sensing
- Quiñones, M., A.Kassabian, and E. Bosch (2013). Ubiquitous musics: The everyday sounds that we don't always notice. Routledge.
- Raven, P. (2019). Saving plants, saving ourselves. *Plants, People, Planet*, 1, 8–13. <https://doi.org/10.1002/ppp3.3>.
- Rätsch, C. (2005). *The Encyclopedia of Psychoactive Plants: Ethnopharmacology and Its Applications*. Simon and Schuster.
- Robert Degli Agosti. (2014). Touch-induced action potentials in arabidopsis thaliana. *Archives Des Sciences Journal*, 67:125–138, 12.
- Rotondi, C., M. Buccoli, M. Zanoni, D. Garao, G. Verticale, and A. Sarti (2015). Feature-based analysis of the effects of packet delay on networked musical interactions. *Journal of the Audio Engineering Society*, 63(11), 864-875.
- Rotondi, C., C. Chafe, C. Allocchio, and A. Sarti (2016). An overview on networked music performance technologies. *IEEE Access* 4, 8823-8843.
- Ruggles, L. (2017). The minds of plants: From the memories of flowers to the sociability of trees, the cognitive capacities of our vegetal cousins are all around us. Aeon. Retrieved September, 25, 2020. have-cognitive-capacities-too.
- Schaal, B. (2019). Plants and people: Our shared history and future. *Plants, People, Planet*, 1(1), 14-19.
- Simard, S. W., Perry, D. A., Jones, M. D., Myrold, D. D., Durall, D. M., & Molina, R. (1997). Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. *Nature*, 388(6642), 579-582.
- Simard, S. W. (2018). Mycorrhizal networks facilitate tree communication, learning, and memory. *Memory and learning in plants*, 191-213.
- Sobel, D. (1996). *Beyond Ecophobia: Reclaiming the Heart of Nature Education*; The Orion Society: Great Barrington, MA, USA.
- Stevenson, R.B. (2008). A critical pedagogy of place and the critical place(s) of pedagogy. *Environ. Educ. Res.* 14, 353–360.

References

- Stone, M.K.; Barlow, Z. (Eds.) (2005). *Ecological Literacy: Education Our Children for a Sustainable World*; Sierra Club Books and University of California Press: San Francisco, CA, USA.
- Sunassee, A., Bokhoree, C., & Patrizio, A. (2021). Students' empathy for the environment through eco-art place-based education: A review. *Ecologies*, 2(2), 214-247.
- TED (2017, November 1). Electrical experiments with plants that count and communicate | Greg Gage [Video]. YouTube.
<https://youtu.be/pvBISFVmoaw?si=zJWpeTk9hMaozRIC>
- TED-Ed (2019, July 1). The secret language of trees - Camille Defrenne and Suzanne Simard [Video]. YouTube. <https://youtu.be/V4m9SefyRjg?si=WX2ad6OJI7uZseA7>
- Thorgersen, C. F. (2014). Lose control, listen to each-other, and create: Understanding cooperative music making from a chiasmatic perspective. *Reconstruction: Studies in Contemporary Culture*, 14(2), 1-16.
- Tiago Aires Lêdo | som flores. (2019, September 5). Flormiga [Video]. Vimeo.
<https://vimeo.com/358056430>
- Tompkins, P., & Bird, C. (1974). *The secret life of plants* (No. QK50. T65I 1973.). England: Penguin books.
- Trappe JM (1987) Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In: Safir GR (ed) *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. CRC Press, Florida.
- Turchet, L., C. Fischione, G. Essl, D. Keller, and M. Barthet (2018). Internet of musical things: Vision and challenges. *IEEE Access*, 6, 61994-62017.
- Wang, T. (2014, January 22). *The Secret Life of Plants*. Retrieved January 27, 2019, from Harvard
- Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (1999, February). Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 82-86. doi:10.2307/4450624
- Science Review: <https://harvardsciencereview.com/2014/01/22/the-secret-life-of-plants/>
- Stapp, W.B.; Bennett, D.; Bryan, W., Jr.; Fulton, J.; MacGregor, J.; Nowak, P.; Swan, J.; Wall, R.; Havlick, S. (1969). The concept of environmental education. *J. Environ. Educ.* 1, 30-31.
- Van der Heijden MGA, Hartmann M (2016) Networking in the plant microbiome. *PLoS Biol* 14: e1002378.

- Vladimíra Hlaváčková et al. (2007). Electrical and chemical signals in short-term systemic photosynthetic responses of tobacco plants to local burning. *Planta*, 225:235–44, 01.
- Vreken, N.J.; Rens, J.A. (1997). *An introduction to Environmental Education*; Keurkopie: Potchefstroom, South Africa.
- Volk, T.L.; Cheak, M.J. (2003). The effects of an environmental education program on students, parents, and community. *J. Environ. Educ.* 34, 12–25.
- Webster. P. (2002). Music Technology and the Young Child. In L. Bresler & C.M. Thompson (Eds.), *The Arts in Children's Lives: Context, Culture and Curriculum*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. pp. 215-236.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American* 265(3), 94-105.
- Wilke, J.R. (1997). Environmental Education. In *Teachers Resource Handbook; A practical guide for K12 Environmental Education* Corwin Press: San Jose, CA, USA.
- William B. Stapp (1969). The Concept of Environmental Education, *Environmental Education*, 1:1, 30-31, DOI: 10.1080/00139254.1969.10801479.
- Wyse, L. and S. Subramanian (2013). The Viability of the Web Browser as a Computer Music Platform. *Computer Music Journal* 37(4), 10-23.
- Yang Chen et al. (2016). Plant electrical signal classification based on waveform similarity. *Algorithms*, 9(4).
- Young, S. (2006, August). Interactive music technologies in early childhood music education. In *Proceedings of the 9th International Conference on Music Perception & Cognition (ICMPC9)*, Bologna/Italy (pp. 1207-1211).

7. Appendixes

7.1 Appendix A – Participation Authorization

Título do Estudo: *Florquestra*

Pesquisador Responsável e Instituição: João Dias aluno da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Este documento serve para informar os encarregados de educação e os alunos sobre a natureza e os objetivos do estudo proposto. Por favor, leia atentamente antes de fornecer o seu consentimento para a participação do seu educando no estudo.

A Florquestra é um projeto que pretende desenvolver a empatia para com a natureza, trazendo plantas para a sala de aula. Os alunos ficarão responsáveis por elas, a fim de compreender se esta interação é realmente benéfica para o relacionamento das crianças com a natureza.

Durante o estudo, os participantes serão convidados a regar, deixar as plantas numa temperatura e exposição ao sol adequadas. À medida que as crianças vão interagindo com as plantas, estas vão respondendo com sons que irão indicar se estas estão a ser bem cuidadas. No caso de estarem nas condições adequadas irão emitir sons agradáveis, em caso contrário irão emitir breves sons agudos e cliques.

Os riscos associados à participação neste estudo são praticamente nulos, podendo haver algum tipo de alergia à planta, neste caso jacinto. Os benefícios potenciais incluem a perceção de que as plantas não são objetos, mas sim seres vivos que comunicam bastante, o que poderá desenvolver uma maior empatia e preocupação para com a natureza.

Todos os dados coletados serão mantidos estritamente confidenciais e usados apenas para os propósitos deste estudo. Nenhuma informação pessoal será divulgada sem o consentimento prévio dos participantes ou de seus encarregados de educação.

A participação neste estudo é completamente voluntária. Os participantes podem optar por retirar seu consentimento e interromper a sua participação a qualquer momento, sem penalização.

Consentimento:

Eu, _____, entendo os procedimentos descritos acima e consinto que o meu educando, _____, participe deste estudo. Concordando assim com a coleta e o uso dos dados conforme descrito acima.

(Encarregado de educação): _____ (Data): _____

7.2 Appendix B – Sessions Plans

Sessão 1 (Alunos de 1º ciclo)

Título:

Apresentação da Florquestra

Duração:

1 hora

Conteúdo:

Perceção sobre as plantas e das plantas

Metodologia:

Primeiramente será recolhida a autorização de participação nesta atividade, que deverá estar assinada pelo encarregado de educação.

E depois serão feitas as seguintes questões:

- O que é para ti uma planta?
- O que achas que uma planta precisa para crescer bem?
- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?
- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?
- Será que elas falam umas com as outras? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?
- As plantas são nossas amigas? Porquê?
- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Os alunos irão responder numa folha de forma individual. As respostas serão recolhidas para análise posterior. Depois será feita uma discussão com os alunos sobre estas questões.

Irei demonstrar uma das flormigas (desligada) e explicar aos alunos que na próxima sessão irão ficar responsáveis por três destes exemplares, que estão ligados entre si.

Objetivos:

Perceber as interações das plantas como seres vivos

Recursos didáticos:

Folhas de papel e lápis.

Avaliação:

A partir das respostas dadas às questões iniciais

Sessão 2 (Alunos de 1º ciclo)

Título:

Instalação da Florquestra

Duração:

20 minutos

Conteúdo:

Entrega da Florquestra aos cuidados dos alunos

Metodologia:

A florquestra será instalada no(s) espaço(s) indicado(s) pelos professores.

Será feita uma explicação aos alunos e professores sobre os cuidados a ter com as plantas: regar o suficiente e exposição a temperatura e luz adequadas. Serão também explicadas as respetivas reações sonoras que indicam se as plantas estão sobre ou sob nutridas.

Este protótipo ficará na escola pelo menos uma semana, e é esperado que os alunos participem desta experiência diariamente, mesmo que seja apenas 5 ou 10 minutos por dia. Será pedido aos professores que registem as interações.

Objetivos:

Desenvolver empatia para com as plantas e a perceção de que temos de cuidar delas e não apenas elas de nós.

Recursos didáticos:

Garrafa de água ou regador.

Avaliação:

Redação/registo do professor

Sessão 3 (Alunos de 1º ciclo)

Título:

Recolha da Florquestra

Duração:

30 minutos

Conteúdo:

Fim da experiência

Metodologia:

Serão novamente feitas as sete questões iniciais:

- O que é para ti uma planta?
- O que achas que uma planta precisa para crescer bem?
- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?
- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?
- Será que elas falam umas com as outras? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?
- As plantas são nossas amigas? Porquê?
- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Os alunos respondem numa folha de forma individual. As respostas serão recolhidas para análise posterior, assim como os registos feitos pelos professores.

A florquestra será desinstalada do recinto escolar.

Objetivos:

Espera-se que as respostas sejam mais próximas das explicações dadas na sessão 1

Recursos didáticos:

Folha de papel e lápis.

Avaliação:

Comparação das respostas em relação à primeira sessão

7.3 Appendix C – Questionnaires Session 1

- O que é para ti uma planta?

Um ser vivo que nasce, reproduz,

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, terra, ar, luz.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Não

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Bom

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Porquê não tem boca.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim

- O que é para ti uma planta?

tulipa

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

água, sol - ar

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Não porque não lhes damos água.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

um rosa

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

água,

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

não

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

não porque não lhes damos água

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

flor

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

sol, água, ar

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

não porque não lhes damos

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

agua

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

sim

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

não

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

É uma flor ou árvore.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água e sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Não.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, dão a volta ao caule

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Não, não têm nenhum órgão que fala.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim, porque abrem as pétalas para nos apreciar.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim e muito.

- O que é para ti uma planta?

uma flor

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

água e sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

não

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

Um ser vivo que nasce crescer reprodos e more.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, terra, sol e ar.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Nada.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Bem.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Nada porquê não tem boca.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

- O que é para ti uma planta?

folha

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

água sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

não

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Servivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Agua, sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Não

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Não

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

um ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

sol e água

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

não

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

não

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

E um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

preciso água e sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Não

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Não

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

e um ser viveti

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

água e sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

não

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

meum

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

eu acho que não

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

porque elas costa de nos

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Uma planta para mim e om ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, luz, ar e terra.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Eu acho que sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim terão reações quando caim.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Eu acho que sim. Elas dizem umas á outras como estão

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

As plantas são nossas amigas mas a outras que não. Alguns de nos não puloimos

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Eu acho que sim.

- O que é para ti uma planta?

Uma planta pra mim é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Uma planta precisa para crescer de água e sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

As plantas sentem o que se passa à sua volta sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim terão reações quando abanão e caiem.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim elas falam. Elas falam umas às outras porcase do tempo.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim são porque nós tratamos delas.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim devemos preocupar-nos e cuidar delas.

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Eu acho que as plantas não se deve matar.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Uma planta precisa de água e de sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Não dão água às plantas.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Elas falam entre elas porque estão em perigo.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

As plantas são nossas amigas porque não nos fazem mal.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Devemos preocupar-nos e cuidar delas se não elas morrem.

- O que é para ti uma planta?

É um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, luz e ar

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Eu acho que sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

quando á um incêndio acho que elas setem

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, quando se sentem amiasadas falam

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

As plantas são nossas amigas porque alguns de nós não pulioimos

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim

- O que é para ti uma planta?

Uma planta para mim é um sobrevivente.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Uma planta precisa de crescer precisa de água, ar e sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Para mim as plantas sentem o que se passa à sua volta.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Uma Planta sente como a raiz sente o chão a tremer.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

As plantas podem comunicar. Olá como tu chamaste eu-me chame-me Vasco e tu como chamaste? Chame-me Mário!

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Elas nos permitem de viver.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim devemos cuidar delas.

- O que é para ti uma planta?

Um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, terra, sol, alimento e los.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Não

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

O vento e a ceulhar.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Não porque não conseguem falar.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sam nossas amigas porque elas crechem e agodão nos com a alimentasão e a somlera.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Não e também sim

- O que é para ti uma planta?

Para minha é uma planta noal.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

A água

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Acho que não sente nada.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

As plantas a panão vento.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

As plantas falam.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Porque dão ar.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Peseião de água.

- O que é para ti uma planta?

Eu aso que e um sennvemo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Eu aso que um planta pais para cercer persia se ágoia

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Eu aso ce a formias

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Eu aso como acoedecine um vento forte elas abanarea

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

elas falo um asaolenos

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

porque dão ns ane

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Pisam cadene água

- O que é para ti uma planta?

É um ser vivo que cheira muito bem.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Precisa de água luz e ar.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Eu acho que não

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Não vão ter reações.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Eu acho que não porque elas não falam

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Nos dão oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim porque podem morrer se metermos muita água ou pouca água.

- O que é para ti uma planta?

Um ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Eu acho água e sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Eu acho ce a sua volta sim. sol

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Ficão com uma reação triste

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Eu acho ce sim e são ámios

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Porque nós àgua e damos àgua.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Eu acho ce sim

- O que é para ti uma planta?

Um selero vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

agua sol ar

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

eu acho que sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim eu acho que os tipos de reações espasems ao longo do ano

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim elas falam umas para as outras falam sober o temto

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim são porque nos lhes damos ar

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim devemos

- O que é para ti uma planta?

Pra mim uma é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Eu acho que precisa de terra fértil, sol, água e ar

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim se lhe tocar-mos em algumas plantas encolhence

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Eu acho que sim, o que dizem dizem, eu estou muito bem, talvez diz uma planta.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

São nossas amigas porque não nos fazem mal.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim se não cuidar-mos dela ela morre.

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo que nos dá oxigénio e vida.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para crescer uma planta precisa de água e sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, porque são seres vivos.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, ficam felizes quanto está sol e chuva.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Não, porque elas não têm órgãos do corpo.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque sem elas não vivíamos.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim, porque elas são tão importantes como os humanos.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um mundo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Uma planta precisa para crescer precisa de água, sol e luz.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, orque as plantas são seres vivos

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, acho que as reações das plantas são garves e agudas.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, porque elas são seres vivos.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque nos dão oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim, devemos.

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Eu acho que uma planta precisa para crescer é luz, água e muitos cuidados.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, acho

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, reações que só elas sabem.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, acho que elas falam normalmente.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque nos dão oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim, devemos.

- O que é para ti uma planta?

Uma planta para mim é um sobrevivente.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Uma planta precisa para crescer de água, de terra, adubo e ar.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, porque quando nós falamos para elas, elas também falam.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, fazendo cheiros e sons.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, o que acho que dizem umas às outras é barulhos agradáveis.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque não nos fazem mal à saúde.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Uma planta para crescer precisa de água e sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, emitindo um cheiro ou som.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, acho que dizem umas às outras como se sentem.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque sem as plantas não havia vida no planeta terra.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo e devemos cuidar muito bem dela.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para crescer acho que uma planta precisa de ser cuidada muito bem.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, acho porque uma planta não é só uma coisa linda é um

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um sere vivo que pode fazer coisas que não sabemos.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

O que acho eu uma planta precisa para crescer é sentir o calor do sol e muita água.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim acho que as plantas sentem o que se passa à sua volta.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, as plantas têm reações quando algo acontece, as reações são os seus formas de defesa.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim acho que elas falam entre elas e acho que dizem umas às outras é que flama sobre coisas que podemos sair.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, as plantas são nossas amigas, porque pudusem oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim devemos preocupar-nos e cuidar delas.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é uma ser vivo muito importante para o ambiente porque nos dá oxigénio

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para crescer uma planta precisa de água e sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, acho que as plantas sentem o que se passa à sua volta.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, mechem se parecem que falam e muito mais.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim falam por gestos e nós não as ouvimos mas devem falar sobre se são bem cuidadas e do que está a acontecer.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque elas ajudam nos em algumas coisas.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Muito porque elas nos dão oxigénio.

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo muito importante.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para que a planta precisa para crescer é preciso de água, de atenção e cuidado.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, as plantas são muito atentas.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

O tipo de reações quando algo acontece as plantas ficam mal e morrem.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Eu acho eu sim, elas dizem o que pode acontecer e já aconteceu.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

As plantas são nossas amigas porque nós somos amigas delas.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim, devemos preocupar-nos e cuidar delas senão morrem.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Uma planta para crescer precisa de água, sol e terra.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, acho que as plantas sentem o que se passa à sua volta.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, sons agradáveis e desagradáveis.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim elas falam entre elas e umas às outras dizem coisas desagradáveis ou agradáveis.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim são, porque dão-nos oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim devemos preocupar com elas e cuidar delas

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para crescer um planta precisa de água, sol e terra.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim as plantas sentem o que se passa à sua volta.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim sons agradáveis e desagradáveis.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim elas entre falam entre sim se responderem sim fazem sons agradáveis e não sons desagradáveis.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque dão nos oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim devemos preocupar-nos e cuidar delas.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Terra, água e sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, se se centem bem ou mal.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim sons agradáveis e desagradáveis

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque nos dão oxigénio

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

7.4 Appendix D – Questionnaires Session 3

- O que é para ti uma planta?

Um ser vivo que nasce, reproduz e morre.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Luz, Água, Terra, Comida.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim elas riagem.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Asustadas

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim

- O que é para ti uma planta?

Um ser vivo que nasce, cresce, reproduz e morre.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, terra, luz, comida.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim elas riagem

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Asustadas

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Me ajuda

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

É um servivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

los e água.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Não

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

não sai

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

É um ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, sol e terra

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim, dizem o que se passa à sua volta

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim, lançam pólen para nós

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Um ser-vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Terra ou água, sol e comida

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

sim

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

ser vivo!

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

água, sol, luz.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

não

- O que é para ti uma planta?

ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

água

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

sim

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

sol, água

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

sim

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

sol, água, terra

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

sim

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

água, sol, luz

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

agu, sol, luz

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

não

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

um ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

água e sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

sim

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

porque elas gosta

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

um ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

terra, água e sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

sim

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

sim

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

sim

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

sim

- O que é para ti uma planta?

O que é para mi é uma planta nolale.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Uma planta precisa de água e terra.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim porque setem a volta dela sente vento e chuva.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

As reações são chuva e vento.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Será que não porquê dizem nada uma às outras.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

As plantas são as nossas amigas porquê dão oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

- O que é para ti uma planta?

É um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, alimento, ar e luz.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Eu acho que sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim. Alegria e felicidade.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim. Amigas! Olha o bixo quando estão em perigo.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Acho que sim, Porquê elas oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Eu acho que sim. Porque elas são seres vivos.

- O que é para ti uma planta?

As plantas para mim são seres vivos muito especiais

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Eu acho que as plantas para crescer precisam de terra de sol e de água

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Acho que as plantas sentem o que se passa à sua volta

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim terão reações ao longo do tempo

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim falam entre elas o estado do tempo

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim são porque nós as regamos

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim devemos-nos preocupar delas

- O que é para ti uma planta?

É um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, alimento, ar, luz.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Acho que sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Eu acho que sim. quando um bicho quer comer a planta.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Eu acho que sim. acho que dizem quando estão em perigo.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

são nossas amigas oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Devemos

- O que é para ti uma planta?

É um ser-vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, luz, sol, terra.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim porque elas têm de sentir a chuva.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim terão reações quando bixo tá a comer a planta.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim porquê quando vai para chover elas avisão umas às outras.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim porquê nós tratamos delas.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim porque assim elas morrem se nós não tratarmos.

- O que é para ti uma planta?

Um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, terra, sol, ar, sementes.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim crecher.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim olá amiga estás boa e no final da conversa chao amiga.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

São porque nos ajudam a alimentar e porque dão o oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

- O que é para ti uma planta?

É um ser-vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

luz, água, terra.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim porque sentem a chuva.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

tem a reassoos que o animal vai comer.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim porque quando vai para chover falam.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim porque tratamos e elas ficam felizes

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim porque assim elas morrem

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Uma planta precisa de água e de sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

As plantas não sabem o que passa a sua volta quando eta embaixo da terra.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

A reação de crescer.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Acho que falam (. . .)

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Porque brincão comigo.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

As plantas devem ser bem cuidadas

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um serevivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

uma planta para crescer água, sol, ar e terra

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Eu acho que uma planta sente o que se passa à sua volta

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

A terra a mecher.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

As plantas comoniquem com os outros.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Porque são elas que nos fazem viver

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim

- O que é para ti uma planta?

É um ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Eu acho que água sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Eu acho que sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

As plantas tem reações?

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Elas falam umas com as outras porque dizem o que acontece

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Porque nos damos água e sol

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Nos devemos preocupar-nos sim e devemos cuidar delas

- O que é para ti uma planta?

É um sere vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, terra fértil, luz e ar.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim eu acho

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim algumas incolhem.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, elas falam quando vão ser plantadas.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim são porque nos dão ar.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim para nos dar ar.

- O que é para ti uma planta?

E um sere vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Pere sisa de a água e terra

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Eu a cho que sim

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim teem reações

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim falão com omas quo umas qou as otras

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Porce dano are

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim temo que lhes tenatane bai porque sim não vivemos

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo e que devemos cuidar muito dela.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Eu acho que para crescer precisa de ser regada todos os dias e precisa de sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, acho porque as plantas são seres vivos.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, têm reações por exemplo se bater-lhes vai doer.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, acho e acho que elas dizem umas às outras que é um dia muito chuvoso, ventoso ou escalar que está um dia com muito sol.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, são porque nós vendemos as plantas.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim, devemos porque elas são seres vivos.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo muito importante.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, ar, solo, raiz e sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, porque emitem uns sons.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, tipo sons agradáveis e desagradáveis.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, acho que dizem o que passa à sua volta.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque emitem oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

- O que é para ti uma planta?

Para mi uma planta é um ser vivo muito importante.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, ar, solo, raiz e sol.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, porque as plantas são ser vivo.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, fazem sons agudo e arves.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, acho que dizem que passa à sua volta.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque emitem oxigênio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Eu acho que uma planta para crescer precisa de água, terra e sol

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, acho.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, terão e podem ser reações más e boas.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, acho que falam entre elas.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque dão nos oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim, devemos.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta um ser vivo que nos da vida e muito mais.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Água, vento, solo, sol, e vida

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, sentem o vento, a luz e sentem-se a si propria.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, têm, amor, alegria e tristeza.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, porque elas emitem uns sons e dizem que precisam de ser regadas e de vento.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque essenciais para nós.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim, porque são importantes.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Acho que precisa de sol e água.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, fazendo sons.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, acho que elas dizem umas às outras o que se passa à sua volta.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque se as plantas não havia vida no planeta terra.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

- O que é para ti uma planta?

É um ser vivo, é como não, e devia ser tratado como tal.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

De água, terra, sol e mais importante de tudo, companhia e amigos.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, mexence e comunicação.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, mas, pode ser de tudo!

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque elas fazem tudo para estarmos bem.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim, e muitíssimo!

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para crescer uma planta precisa de luz, terra, água e dióxido de carbono.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim acho.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, quando se sentem ameaçadas ou quando quando querem falar umas com as outras.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, se se sentem bem ou mal.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, as plantas são nossas amigas, porque algumas são comida e outras porque nos dão oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim devemos

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para crescer uma planta precisa de água, luz e dióxido de carbono.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, elas sentem o que se passa à sua volta.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, terão reações quando algo acontece tem reações agradáveis e desagradáveis.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, falam das ameaças.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque dão nos oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para crescer uma planta precisa de luz do Sol, água e de ser bem tratadas.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim, mexem-se e falam.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, o que se passa à sua volta.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, porque elas fazem tudo por nós.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para crescer uma planta precisa de sol, terra, água e dióxido de carbono.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, acho.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

Sim terão, reações agradáveis e desagradáveis.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, elas falam entre elas e umas às outras falam sobre as ameaças.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

Sim, as plantas são nossas amigas, porque dão-nos oxigénio.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim, devemos preocupar-nos e também cuidar delas.

Appendixes

- O que é para ti uma planta?

Para mim uma planta é um ser vivo e é muito importante.

- O que achas que uma planta precisa para crescer?

Para crescer precisa de água, cuidado e terra.

- Achas que as plantas sentem o que se passa à sua volta?

Sim, porque as plantas falem e sentem muito o que se passa.

- Terão reações quando algo acontece? Que tipo de reações?

O tipo de reações quando algo acontece que comessem a morrer ou a churar.

- Será que elas falam entre elas? Se achas que não, porquê? Se achas que sim, o que achas que dizem umas às outras?

Sim, elas podem dizer quando alegem pisa as.

- As plantas são nossas amigas? Porquê?

As plantas são nossas amigas porque nós tratamos bem delas.

- Devemos preocupar-nos e cuidar delas?

Sim.

7.5 Appendix E – florquestra_sound link

https://drive.google.com/drive/folders/1z7g0CPUYrTlq02vKgwTcmT0ZXT7vzi59?usp=drive_link