

La musica, il numero, il ritmo e la struttura: considerazioni sperimentali per l’insegnamento/apprendimento nella scuola elementare.

Francesca Ragusa – Filippo Spagnolo

Riassunto

Le filosofie pitagoriche e platoniche sono fiorite su un intreccio stretto tra musica, matematica e astronomia. Fu proprio una intuizione musicale che permise a Pitagora di formulare quel legame fra matematica e natura che costituisce la scoperta più profonda e feconda della storia dell'intero pensiero umano. Oggi l'educazione strutturo - ritmica è divenuto uno strumento educativo di notevole interesse sia per migliorare l'assetto psicomotorio del bambino, che per orientare la strutturazione del suo pensiero. Scopo del presente lavoro è quello di capire quali sono le correlazioni tra il ritmo e la matematica; e lo studio della matematica secondo una prospettiva diversa rispetto al solito apprendimento scolastico. Mediante la sperimentazione in classe, si é rilevato che l'apprendimento dell'educazione strutturo-ritmica favorisce nel bambino l'apprendimento dei prerequisiti che sono alla base del concetto numerico. Le attività ritmiche fatte durante le ore di educazione musicale diventano un prerequisito fondamentale per l'apprendimento della matematica, e allo stesso modo lo studio della matematica e di tutti i suoi principi diventano prerequisiti essenziali per l'educazione musicale.

Abrstact

The Pitagoric and Platonic philosophies they are flourish on a narrow interlacement among music, mathematics and astronomy. It was really a musical intuition that allowed Pitagora to formulate that bond among mathematics and nature that it constitutes the deepest and fertile discovery of the history of the whole human thought. Today the education structure -rhythmics is become an educational tool of notable interest both to improve the order psycomotor of child, and to direct the structuring of its thought. Purpose of this work is that to understand what the correlations are between the rhythm and the mathematics; and the study of the mathematics according to a different perspective in comparison to the usual scholastic learning. Through the experimentation in class, he is been able to notice that the learning of the education structure-rhythmics favors in child the learning of the prerequisitis that they are at the base of the numerical concept. The activities rhythmic sorts during the hours of musical education become a fundamental pre-requisite for the learning of the mathematics, and equally the study of the mathematics and all of its principles they become essential pre-requisite for the musical education.

*La musica e la matematica hanno sempre
una certa parentela l'una e l'altra
richiedono un certo apprendistato, molto
talento e un tocco di grazia (Frederick
Pratter).*

1.0 Introduzione

Perché la musica e la matematica?

Il lavoro svolto ha preso avvio durante le attività di tirocinio nel corso di laurea in scienze della formazione primaria dell'università di Palermo, infatti, durante questo anno accademico tutto il training di tirocinio ha ruotato attorno a due parole chiave **Stuttura** e **Ritmo** (Cazzago, 1984).

L'argomento è stato approfondito sotto un particolare aspetto che è quello logico–matematico.

Scopo del presente lavoro¹ è, infatti, quello di capire quali sono le correlazioni tra il ritmo e la matematica attraverso un lavoro sperimentale in classe.

Un principio fondamentale che soprattutto a scuola bisogna tenere presente è la ricerca interdisciplinare, cioè bisogna sforzarsi di avere una visione unitaria, vicina al reale. Un insegnamento moderno delle discipline non può assolutamente ignorare questi legami in particolare tra la matematica e la realtà, se non si vuole ridurre questa ad uno sterile esercizio di abilità formali destinati ad un rapidissimo oblio al di fuori delle aule scolastiche (Petter, 2002).

Si tratta, dunque, di insegnare la matematica nelle più svariate situazioni collegata ad altre discipline come la musica, per stimolare gli alunni a costruire essi stessi le variabili significative per la soluzione dei problemi (Petter, 2002; Cazzago, 1984; Calabrese, 1977).

In generale possiamo affermare che L’educazione strutturo - ritmica è uno strumento educativo di notevole interesse sia per migliorare l’assetto psicomotorio del bambino, che per orientare la strutturazione del suo pensiero (Cazzago, 1984).

L’educazione strutturo – ritmica può essere applicata in forme notevolmente diverse, si possono orientare le proposte in ordine alle misure ed al ritmo musicali, alla danza alle dimensioni legate alle percezioni uditive, alle coordinazioni motorie; comunque il ritmo deve essere insegnato in maniera razionalizzata (Cazzago, 1984).

Le ipotesi di partenza del lavoro sono le seguenti:

1. Quali sono le correlazioni tra ritmo e matematica?
2. Le attività ritmiche fatte durante le ore di educazione musicale diventano un prerequisito fondamentale per l’apprendimento della matematica.
3. Quali sono le implicazioni dell’educazione strutturo-ritmiche nell’apprendimento della matematica e viceversa?
4. Come l’educazione strutturo-ritmiche influenza l’apprendimento della matematica nell’alunno della scuola elementare?

Questa ultima ipotesi è più specifica e risponde al lavoro di ricerca e sperimentazione.

Il Campione.

La ricerca è stata rivolta ad un totale di 109 bambini.

Ad ogni alunno è stato somministrato un test semi-strutturato il cui scopo era quello di verificare quali sono le implicazioni dell’educazione strutturo-ritmiche nell’apprendimento della matematica.

I risultati di tutto il lavoro dimostrano che l’apprendimento dell’educazione strutturo-ritmica favorisce nel bambino l’apprendimento dei prerequisiti che sono alla base del concetto numerico. (D’Amico, 2002; Cazzago, 1984).

Le attività ritmiche fatte durante le ore di educazione musicale diventano un prerequisito fondamentale per l’apprendimento della matematica e allo stesso modo lo studio della matematica e di tutti i suoi principi diventano prerequisiti essenziali per l’educazione musicale.

¹ Il lavoro è tratto dalla tesi di laurea in Scienze della Formazione Primaria presso l’Università di Palermo, Dicembre 2003. La tesi completa si trova al seguente indirizzo web: <http://math.unipa.it/~grim/tesiFP.htm>.

2.0 RITMO, MUSICA, MATEMATICA

2.1. Musica e matematica

*Ci sono composizioni matematiche che
possono essere affrontate come partiture,
e dalle quali si può ricavare un godimento estetico
non dissimile da quello offerto dalla musica.
(Varèse)*

Da millenni è risaputo che tra musica e matematica esiste una forte affinità. Le filosofie pitagoriche e platoniche sono fiorite su un intreccio stretto tra musica, matematica e astronomia.

Pitagora nell'antichità fu famoso per aver assimilato nella sua scuola musica e matematica: entrambe erano **numerus**. Il fatto che con lo stesso «passo» si va da uno a due e poi da due a tre, sembra oggi non solo facile e chiaro, ma immediato e banale, anche per il bimbo della prima classe. Ma esso fu un risultato maturo e strabiliante. Il «principio di ricorrenza» che autorizza a trattare con quel metodo la serie infinita dei numeri, non è **evidente**, non è assiomatico, non è dimostrabile per logica deduzione, e quindi non si trova nelle categorie dello spirito, dove basta pescarlo. È un risultato raggiunto empiricamente dal collaborare di innumerevoli studiosi.

La musica rappresenta un sapere fondamentale, insostituibile e necessario nell'educazione e nella formazione culturale. Il cui processo cognitivo costituisce un'esperienza intellettuale ed estetica di grande importanza nello sviluppo della personalità umana. La fenomenologia musicale è particolarmente complessa e va studiata non solo con approcci di tipo estetico, critico o storico, ma anche di tipo scientifico.

Avvicinarsi in modo scientifico alla musica significa individuarne le caratteristiche intrinseche, universalmente classificabili e riproducibili. Pertanto, per una proposta formativa di educazione musicale, non si può che partire dal suono e dallo studio delle sue caratteristiche fisiche.

La musica può essere sottoposta ad un'analisi scientifica. Essa può essere, infatti, correlata alla matematica. Ciò non tanto per ribadire l'uso che della matematica si fa per la costruzione di schemi e regole nell'organizzazione della musica; ciò che ordinariamente investe pochi e semplici principi di aritmetica elementare. Quanto invece per proporre quello dell'algebra e dell'analisi matematica moderne nello studio della fenomenologia musicale. In altri termini si può considerare la produzione musicale come un datum da analizzare mediante l'uso di metodologie e tecniche matematiche.

È molto frequente vedere avvicinate la matematica e la musica, anche, per il tipo di piacere che arrecano a chi le fa, e per le caratteristiche dell'impegno intellettuale che richiedono, ma andando al di là delle analogie più o meno emotive, quando si sviluppa un discorso più tecnico sui legami tra le due discipline (o arti) è naturale che l'accento cada sull'aspetto fisico-aritmetico della musica: su tutto il complesso gioco di rapporti di frequenze e di tempi che si descrive in termini matematici e che ha un legame stretto con la fisiologia dell'orecchio e verosimilmente anche con i processi cognitivi legati all'ascolto della musica.

Continuando a parlare del legame tra la musica e la matematica possiamo citare il grande compositore e teorico musicale francese del settecento **Philippe Rameau** che scrisse nel suo *“Traité de l'Harmonie Reduite à ses principes Natureles”* (1722) (Rameau, 1967), “la musica è una scienza che deve avere delle regole certe: queste devono essere estratte da un principio evidente e questo principio non può essere conosciuto senza l'aiuto della Matematica. Devo ammettere che nonostante tutta

l'esperienza che ho potuto acquisire nella musica per averla praticata durante un periodo abbastanza lungo, è tuttavia solo con l'aiuto della Matematica che le mie idee si sono sbrogliate e che la luce è succeduta ad una certa oscurità di cui non mi ero mai accorto prima.”

2.2 Musica, Matematica e Pitagora

*Dunque la musica e l'armonia musicale dell'universo
coincidono con l'aritmetica e la geometria
queste sono il reale (verità iniziatica).
(Pitagora)*

Pitagora oltre ad essere uno dei più importanti matematici era un compositore e un teorico musicale.

Fu proprio una intuizione musicale che permise a Pitagora di formulare quel legame fra matematica e natura che costituisce, probabilmente, la scoperta più profonda e feconda della storia dell'intero pensiero umano.

Secondo Giamblico², l'episodio è il seguente. Un giorno Pitagora passò di fronte all'officina di un fabbro, e si accorse che il suono dei martelli sulle incudini era a volte consonante, e a volte dissonante. Incuriosito, entrò nell'officina, si fece mostrare i martelli, e scoprì che quelli che risuonavano in consonanza avevano un preciso rapporto di peso. Ad esempio, se uno dei martelli pesava il doppio dell'altro, essi producevano suoni distanti un'ottava. Se invece uno dei martelli pesava una volta e mezza l'altro, essi producevano suoni distanti una quinta (l'intervallo fra il do e il sol).

Tornato a casa, Pitagora fece alcuni esperimenti con nervi di bue in tensione, per vedere se qualche regola analoga valesse per i suoni generati da strumenti a corda, quali la lira. Sorprendentemente, la regola era addirittura la stessa, ad esempio, se una delle corde aveva lunghezza doppia dell'altra, esse producevano suoni distanti un'ottava. Se invece una delle corde era lunga una volta e mezza l'altra, esse producevano suoni distanti una quinta.

In perfetto stile scientifico, dall'osservazione e dall'esperimento Pitagora dedusse una teoria: la coincidenza di musica, matematica e natura. Più precisamente, egli suppose che ci fossero tre tipi di musica: quella strumentale propriamente detta, quella umana suonata dall'organismo, e quella mondana suonata dal cosmo. La sostanziale coincidenza delle tre musiche era responsabile da un lato dell'effetto emotivo prodotto, per letterale risonanza, dalla melodia sull'uomo, e dall'altro della possibilità di dedurre le leggi matematiche dell'universo da quelle musicali.

Poiché nelle leggi dell'armonia scoperte da Pitagora intervenivano soltanto numeri frazionari, detti anche numeri razionali, ed i rapporti armonici corrispondevano perfettamente a rapporti numerici, Pitagora enunciò la sua scoperta nella famosa massima: tutto è (numero) razionale. Essa codifica la fede nella intelligibilità matematica della natura, ed è il presupposto metafisico dell'intera impresa scientifica, di cui Pitagora è stato appunto il padre fondatore. Una scoperta tanto profonda non poteva che far ritenere Pitagora una vera e propria divinità (Giamblico, 1991).

² Giamblico, Sito web. www.extramuseum.it

A lui, quindi, dobbiamo la scoperta della meravigliosa corrispondenza fra gli intervalli musicali e i numeri, una relazione che ancora oggi alla base della teoria generale dell'armonia musicale.

2.3. *La Matematica, la Musica, il Ritmo di Olivier Messiaen*

Olivier Messiaen è una delle figure più grandi della musica del novecento, autore di un numero considerevole di opere, ha sviluppato un linguaggio assai personale, basato sull'estensione a tutti gli aspetti della composizione musicale (suono, ritmo, intensità, timbro). Sin da giovane era affascinato da certe proprietà dei numeri che sarebbero state destinate a svolgere un ruolo importante nel suo linguaggio musicale. Anche se Messiaen non si è mai considerato un matematico, ugualmente ha attribuito ai numeri e a certe loro proprietà un posto prominente, sia nelle sue composizioni, sia nel suo insegnamento teorico. Le nozioni matematiche coinvolte nelle sue musiche sono nozioni di base: permutazioni, simmetrie, distribuzioni di numeri, numeri primi, periodicità.

Messiaen dichiara: “ero orientato verso questo tipo di ricerche, verso le divisioni simmetriche e verso le divisioni asimmetriche e verso un elemento che s'incontra nella metrica greca e nei ritmi dell'india: i numeri primi. Quando ero bambino, amavo già i numeri primi, questi numeri che – solo per il fatto che non sono divisibili – emettono una forza occulta (perché, come si sa, la divinità è indivisibile) [...]. Il mio linguaggio ritmico è precisamente una mescolanza di tutti questi elementi: le durate distribuite in numeri irregolari, l'assenza di tempi uguali, l'amore dei numeri primi, la presenza di ritmi non retrogradabili e l'azione di figure ritmiche [...]. Tutto questo si evolve, è mescolato e sovrapposto” (Samuel, 1990).

Uno degli argomenti che sviluppa, Messiaen è che la musica, in particolare il ritmo, è in un certo senso una maniera di dare vita ai numeri, di rendere percettibili ai nostri sensi alcune nozioni matematiche che, di per se stesse, possono apparire puramente astratte, fredde. Di più, la musica trasforma queste nozioni in emozioni. A questo proposito possiamo citare Aristotele che nella sua *Metafisica* scrive: “i numeri non esistono in sé, esistono perché si trovano nelle scale musicali, nel cielo, e in molte altre cose connesse”.

Il concetto principale da dove si parte Messiaen per i suoi studi è quello di Ritmo definendolo come: “l'elemento principale e forse l'elemento essenziale della musica. Penso che esso verosimilmente esista da prima della melodia e dell'armonia. Insomma ho una preferenza per quest'elemento (Samuel, 1990).

Per Messiaen la melodia non può esistere senza il ritmo, la musica è fatta prima di tutto con durate, slanci, riposi, accenti, intensità, attacchi e timbri, tutte cose che si possono raggruppare sotto il termine: ritmo”.

Il ritmo non è una nozione estranea alla matematica, infatti nozioni come durata, intensità e densità si esprimono tramite numeri. Il timbro, scomposto in frequenza fondamentale e frequenza armoniche, può essere espresso con una successione di numeri.

Il ritmo è visto come successione di numeri, i quali rappresentano durate.

Messiaen redige un elenco di 120 *deçi-tâla* (*deçi* vuol dire ritmo e *tâla* dire provincia quindi secondo lui, *deçi-tâla* vuol dire *ritmi delle varie provincie*) di 36 ritmi della tradizione *Karnataka* (cioè sud dell'india) (Messiaen, 1944). In questo contesto il ritmo è definito come una successione di numeri. Lui è affascinato da ciò e nello studio delle composizioni di queste culture ogni volta che la somma delle durate è un numero primo lo segnala. Questa insistenza per i numeri primi ha un significato, infatti, nel suo *Traité de rythme, de couleur et d'ornithologie*, (Rameau, 1967, pag. 266), scrive

“l'impossibilità di dividere un numero primo (altro che per se stesso e per uno) gli garantisce una sorta di forza che è effettiva nel campo del ritmo”.

Una caratteristica che ritroviamo in quasi tutta la musica di Messiaen sono i **ritmi non retrogradabili** (è un ritmo che, considerato come successione di numeri, rimane lo stesso quando è letto da destra a sinistra o da sinistra a destra).

La retrogradazione è un procedimento classico che trasforma un certo motivo nello stesso motivo letto in senso contrario, cioè procedendo dall'ultima nota verso la prima. Il motivo iniziale è chiamato motivo in moto diretto e il motivo ottenuto tramite questo procedimento motivo in moto retrogrado. Così si può considerare un ritmo non retrogradabile come un affiancamento di un motivo in moto diretto e del motivo corrispondente in moto retrogrado.

Per Messiaen il ritmo non retrogradabile produce un grande fascino nell'ascoltatore considerando questo tipo di ritmo “Un'impossibilità matematica” (Messiaen, 1944). L'impossibilità risiede nel fatto che “non è possibile retrogradare un tale ritmo perché, quando questo avviene, il ritmo rimane lo stesso”. Questo fascino dell'impossibilità risiede in certe impossibilità matematiche nei domini modali e ritmici. I modi³, che non si possono trasporre al di là di un certo numero di trasposizioni perché, se uno lo fa, ricade sempre sulle stesse note; i ritmi che non si possono retrogradare perché, quando uno lo fa' ritrova lo stesso ordine dei valori.

Per Messiaen un ritmo non retrogradabile ha la capacità di dare al suo ascoltatore una sensazione dell'infinito, perché “come tempo, un tale ritmo, è irreversibile non può muoverlo indietro, a meno che non si ripeta [...]. Il futuro e il passato sono immagini simmetriche di sé stessi” (Messiaen, 1944).

Possiamo concludere questa parte dove si è cercato di esprimere la matematica nella musica per Olivier Messiaen con un passo tratto da un suo libro dove scrive:

“non si può trovare alcun errore nel canto degli uccelli, né nella melodia, né nel contrappunto. Il tardo sassello- forse il re degli uccelli cantanti- ha un canto magico, incantatore, scandito in piccole formule ritmiche molto nette, sempre riprodotte da due a cinque volte, generalmente tre volte (come nei rituali delle invocazioni religiose e l'incantesimo dello sciamanesimo primitivo). Al di là di qualche ritmo caratteristico, le strofe sono sempre nuove e l'invenzione ritmica inesauribile. La disposizione delle durate e dei numeri, sempre inattesa, imprevedibile, sorprendente, manifesta tuttavia un senso di equilibrio tale che è difficile credere ad una improvvisazione” (Messiaen, 1944).

3.0. Ritmo, struttura, musica, matematica per l'apprendimento scolastico

Apparentemente questa serie di parole non hanno un significato comune che li colleghi tra di loro, ma, dopo un'analisi dettagliata è possibile rilevare un filo conduttore che attribuisce un significato diverso ad ogni concetto ma che riporta il tutto ad un'unica finalità che è l'apprendimento.

Un principio fondamentale che a scuola bisogna sempre tenere presente è la ricerca interdisciplinare, cioè bisogna sforzarsi di avere una visione unitaria vicina al reale e al tempo stesso rispettare la specificità delle discipline lasciando che ciascuna proceda con la propria impostazione.

Un insegnamento moderno delle discipline non può assolutamente ignorare questi legami in particolare tra la matematica e la realtà.

Si tratta dunque di insegnare la matematica nelle più svariate situazioni collegata ad altre discipline come la musica, la lingua italiana legata al mondo reale per stimolare gli alunni a costruire essi stessi le variabili significative per la soluzione di problemi.

³ I modi sono una successione di note distinte che danno l'atmosfera al brano musicale.

In questo modo ci avviamo a cambiare qualche cosa nello studio non solo della matematica ma di tutte le discipline perché ognuna apporta un contributo all'altra, il cambiamento deve riguardare non solo i contenuti ma anche la metodologia didattica che in questo modo diventa più motivante.

Nei paragrafi seguenti si cerca di spiegare i diversi termini mettendo in evidenza i contributi dell'educazione strutturo – ritmica.

3.1. Il concetto di struttura

Etimologicamente, il termine struttura deriva da “struere” che significa ammassare, costruire “qualsiasi insieme, complesso, aggregato o sistema di elementi correlati secondo un certo ordine, disposizione, costruzione, rappresenta una struttura.

I sistemi strutturali sono alla base sia delle manifestazioni ritmiche che dei meccanismi e processi mentali” (Cazzago, 1984).

Non esiste alcuna azione, concreta o pensata, che prescinda da una organizzazione strutturale di entità successive.

La struttura è una relazione spazio – temporale che collega in un determinato modo insiemi di oggetti, battute, azioni e pensieri tra di loro.

Il concetto di struttura è indipendente dagli oggetti e dagli elementi usati; con elementi diversi è possibile costruire strutture identiche.

Ad esempio una struttura sonora al tamburo (una battuta seguita da tre ravvicinate nel tempo) può essere riprodotta con forme bi e tridimensionali diverse (λ λ λ λ υ υ υ υ ζ ζ ζ ζ) o essere riprodotta con il movimento (es.: battuta delle mani) mantenendosi invariata nei suoi intervalli elementari..

3.2. Il concetto di ritmo

Il termine greco “ritmo”, tradotto dai latini con *numerus*, in virtù del suffisso “-tmo” appartiene alla categoria dei sostantivi come *aritmōs*, che indicano l'azione del misurare con esattezza. Ma qual'è l'unità di misura della musica?

Letteralmente, l'unità di misura della musica è una frazione: quella che indica il metro, e sulla quale si possono effettuare vere e proprie operazioni matematiche.

Più generalmente, attraverso la frazione che indica il metro di una composizione si esprime quella corrispondenza fra matematica e musica che sta alla base della filosofia pitagorica. Anzi, questa filosofia fu appunto ispirata dalla scoperta che i rapporti numerici sono in grado di esprimere i rapporti armonici: poteva essere considerata una coincidenza, e invece Pitagora la interpretò come un indizio di qualcosa di molto profondo, e cioè il fatto che la matematica è il linguaggio della natura. La scienza, che non fa altro che ricercare altre manifestazioni di questa intuizione, è dunque nata da un'osservazione sul rapporto fra matematica e musica.

La progressione ascendente o discendente, procedimento compositivo consistente nella ripetizione esatta e periodica di una medesima formula melodica o armonica su gradi diversi, è una delle figure retorico-musicali più in uso nella musica strumentale barocca. Corrispondenza biunivoca con le successioni matematiche (Cazzago, 1984).

Tutto ciò che esiste in natura, compresa l'attività dell'uomo, è movimento e obbedisce alle leggi del ritmo.

Il ritmo viene definito come “ordine nel movimento, intendendo con ciò la manifestazione dei ritorni periodici di strutture semplici o complesse e la coordinazione presente nella successione delle strutture stesse. I ritorni periodici del ritmo musicale sono molto importanti a livello percettivo perché hanno il potere di suscitare induzione motoria: la regolarità ritmica, infatti, genera movimenti che si armonizzano con il segnale percettivo” (Guerra, Giacon).

Riferendosi a ciò che interessa in questo contesto possiamo definire il ritmo come:

qualsiasi organizzazione e strutturazione di fenomeni che avvengono in maniera successiva nel tempo e che si ripetono ciclicamente.

Il ritmo ricopre, dunque, un ruolo fondamentale nel campo educativo, sia come momento fortemente socializzante, sia perché favorisce il controllo delle capacità psicomotorie, costituendo il supporto iniziale per ogni attività.

Quindi, un’organizzazione di fenomeni per essere ritmica deve essere:

- Ordinata nel successivo (ciascun elemento ha un suo preciso posto nell’organizzazione)
- Strutturale (con particolare legame tra gli elementi).
- Periodica (le strutture si ripetono nel tempo sempre in forma identica).

La dimensione ritmica serve a:

- Conferire ordine alla mia mente;
- Capire la struttura;
- Capire la periodicità del ritmo.

Il ritmo risulta sempre caratterizzato da un aspetto **quantitativo** (relativo ad un certo numero di fenomeni aventi una loro durata nel tempo) ed un aspetto **qualitativo** (che indica che i fenomeni non risultano percepiti come una giustapposizione caotica, ma come forma d’insieme avente un proprio ordine ed una propria organizzazione strutturale).

Possiamo riassumere i concetti basilari del ritmo asserendo che:

- Il ritmo è presente in tutti i momenti della vita quotidiana di ogni individuo;
- Il ritmo è alla base dell’apprendimento scolastico;
- L’acquisizione del ritmo è strettamente collegata al movimento e più specificamente alla elaborazione dello schema corporeo;
- Il movimento eseguito ritmicamente offre numerosi vantaggi nell’esecuzione di qualsiasi attività;
- L’acquisizione del senso ritmico dipende dalla strutturazione spazio temporale;
- Il ritmo consente di raggiungere la padronanza del proprio corpo.

3.3. Rapporto tra struttura e ritmo

Ogni ritmo, sia esso motorio, visivo od uditivo, ha una sua pregnanza strutturale.

Se sento una serie di battute ritmate (●●● ●●● ●●● ●●●...) posso identificare la cellula strutturale (●●●) che ripetendosi ciclicamente forma il ritmo uditivo.

Anche il ritmo motorio ha una base strutturale; quando io batto le mani sul tamburello (ad esempio) mando ad effetto la medesima organizzazione delle strutture uditive conseguenti.

Allo stesso modo per tutti i tipi di ritmo (Cazzago, 1984).

Concludendo si può affermare che ogni ritmo sia esso uditivo, motorio o visivo, ha quindi una sua pregnanza strutturale.

3.4 L’educazione strutturo – ritmica

L’educazione strutturo - ritmica è uno strumento educativo di notevole interesse sia per migliorare l’assetto psicomotorio del bambino, che per orientare la strutturazione del suo pensiero.

Le strutture e i ritmi costituiscono uno dei cardini educativi fondamentali per l’organizzazione del movimento, della percezione uditiva e visiva, dello scorrere ordinato dei pensieri.

Il bambino, durante la scuola materna e nel primo ciclo della scuola elementare, riesce a percepire, comprendere e memorizzare strutture e ritmi che abbiano un diretto legame con il vissuto psicomotorio. Non a caso, l'educazione al ritmo è alla base dell'insegnamento nel primo ciclo della scuola elementare, soprattutto nella scuola materna per favorire una idonea acquisizione degli apprendimenti di base, perché proprio alla non corretta strutturazione ritmica sono legate alcune turbe psicomotorie e conoscitive.

L'educazione ritmica, in stretto rapporto con l'educazione psicomotoria, si presenta come educazione al movimento, come educazione percettiva e come coordinazione “gesto – suono”; inizia con la sincronizzazione tra movimento e suono dei ritmi naturali e spontanei del bambino (dondolare, camminare, saltare) cercando di arricchire ciò che il fanciullo già possiede. Sviluppa inoltre il senso dell'orientamento, la lateralità, la coordinazione dinamica generale, l'organizzazione dello spazio e del tempo, il controllo respiratorio (indispensabile per l'articolazione del linguaggio), la lettura, il pensiero logico – matematico nonché la socializzazione. Quindi l'allenamento strutturo - ritmico fonda le sue basi per conquiste strutturali astratte quali le strutture matematiche, grammaticali, mentali, contribuendo all'organizzazione strutturale del pensiero.

Una successione ritmata di movimenti (ad esempio) risulta nettamente più facile da eseguire e comporta meno fatica rispetto ad una successione degli stessi eseguita però in forma non ritmata: l'esercizio ritmato regolarizza il dispendio nervoso, in questo modo l'esercizio eseguito in forma ritmata è economico. La sua utilizzazione è quindi particolarmente raccomandabile in quanto favorisce l'eliminazione delle sincinesie destabilizzanti (dovute ad un'attività volontaria mal controllata), permette l'armonia dei gesti motori, il rilassamento, elementi indispensabili per raggiungere la padronanza del proprio corpo e come già accennato per l'apprendimento della letto – scrittura e l'avvio alla strutturazione del pensiero logico – matematico: per la lettura, infatti, che è un meccanismo complesso basato sulla corrispondenza tra il simbolismo dei segni grafici con i suoni corrispondenti, il bambino deve in sostanza trasferire nel tempo una sequenza spaziale; per la scrittura, invece, il bambino deve operare in maniera inversa, cioè trasferire nello spazio grafico una sequenza temporale.

L'educazione strutturo – ritmiche, non va intesa come un'attività ludico aspecifica con finalità ricreativa, ma attraverso le proposte strutturo – ritmiche dobbiamo favorire nel bambino l'instaurarsi di abilità che sviluppino la sua capacità di pensare.

L'educazione strutturo ritmica risulta collegata alle seguenti conquiste ed interiorizzazioni:

- Schema corporeo e coscienza di sé;
- Orientamento e strutturazione spazio – temporale;
- Capacità di attenzione ordinata nel successivo;
- Capacità mnestiche;
- Identificazioni ed interiorizzazioni di ordini successivi non intercambiabili;
- Potenziamento dei processi di analisi e sintesi;
- Intensificazione delle capacità di simbolizzazione partendo da dati vissuti concreti;
- Capacità di apprendere materie strumentali (leggere, scrivere, far di conto ecc.)
- Prerequisiti per la conquista astratta dell'idea di tempo (Calabrese, 1974).

3.5. Strutture Logico – Matematiche

L'insegnamento della matematica “*si è orientato verso l'acquisizione diretta di concetti e strutture matematiche*” (D. P. R. 104/'85). Apprendendo le strutture della matematica gli alunni entrano in possesso di un patrimonio che li renderà in grado di decontestualizzare gli apprendimenti trasferendoli in altre situazioni problematiche.

Sapere padroneggiare le strutture matematiche significa, quindi, per l'alunno poter leggere, interpretare, ipotizzare la realtà, agire operativamente su questa.

L'insegnamento di questa disciplina nella scuola elementare è stato per lungo tempo caratterizzato dalla necessità di fornire all'alunno le capacità operative indispensabili per le attività pratiche e dall'estrema importanza data allo studio pedissequo di regole e teorie astratte; la conseguenza era stata, sul piano didattico la manipolazione di formule del tutto avulse, sul piano del significato, dal vissuto dell'alunno.

Oggi si sta affermando che ciò che interessa la Matematica non è la formula, l'espressione astratta, ma la sostanza dei suoi concetti, il significato e il senso dei suoi principi, il perché dei suoi procedimenti, le ricadute nella realtà esterna, sulla organizzazione interna delle conoscenze, ben strutturata.

L'organizzazione interna delle conoscenze deve scaturire dalla interiorizzazione delle azioni esplorative concrete fruite dagli alunni, da situazioni tratte dai contesti esperienziali fondati sul vissuto e tradotti in problemi al fine di condurli ad un complesso articolato di capacità

operative ed alla loro organizzazione strutturata, alla codifica di simboli convenzionali ed alla loro astrazione per formulare teorie generalizzabili. Così come troviamo scritto nei programmi per la scuola elementare del 1985:

“la vasta esperienza compiuta ha però dimostrato che non è possibile giungere all'astrazione matematica senza percorrere un lungo itinerario che collega l'osservazione della realtà, l'attività di matematizzazione, la risoluzione dei problemi, la conquista dei primi livelli di formalizzazione. [...] Di conseguenza le nozioni matematiche di base vanno fondate e costruite partendo da situazioni problematiche concrete, che scaturiscono da esperienze reali del fanciullo...”

in questo processo, che si configura lungo e complesso, occorre partire da ciò che l'alunno possiede nel suo bagaglio di esperienze legate allo spazio e al tempo, alle relazioni tra se stesso e l'ambiente circostante e ad i rapporti tra sé, il mondo e la dimensione spazio – temporale (memoria episodica), per giungere ad una conoscenza del mondo e dei simboli, dei segni e dei significati che esprimono la realtà la quale, nelle loro reciproche relazioni, si organizzano in formule (memoria semantica)

Il concetto di numero dipende in gran parte dalla interiorizzazione di alcune strutture operazionali di base quali: la corrispondenza univoca, la classificazione, la seriazione, l'ordinalità, la cardinalità.

Queste strutture logico – matematiche, secondo Piaget, si costruiscono in relazione alle azioni strutturate. Egli, infatti, afferma. *“In generale tutto ciò che riguarda le relazioni tra le strutture logico - matematiche e l'azione interessa la psicologia contemporanea, poiché queste relazioni sono di natura tale da chiarire la questione sempre attuale di sapere che cosa il pensiero deve al linguaggio e che deve più profondamente alle coordinazioni dell'azione stessa”* (Calabrese, 1974).

Come scrive Cazzago *“per la conquista delle strutture logico – matematiche normalmente il bambino passa attraverso tre tappe:*

*Nella prima **FA***

*Nella successiva **VEDE** la realtà*

*Nella terza **SIMBOLIZZA** ciò che ha visto*

Prima c'è la tappa dell'azione che è seguita da quella iconica e poi da quella simbolica.” (Cazzago, 1984).

Per Dienes nell'insegnamento tradizionale si parte proprio dal simbolo, cioè la terza tappa. Si ritiene che spiegando il significato del linguaggio matematico, il bambino possa capire ciò che vuole dire il simbolo matematico e poi sia capace ad utilizzare questo simbolo, poi magari si ricorre ai sussidi audio visivi e poi agli esercizi pratici, cioè si fa tutto il contrario di ciò che si dovrebbe fare.

Grazie all’osservazione diretta dei bambini ci si rende conto che la maggior parte delle difficoltà dei bambini ad acquisire i concetti matematici come ad esempio i simboli numerici, è dovuta proprio all’incapacità di interiorizzare relazioni strutturali fra elementi concreti.

La difficoltà di mantenere sul piano cosciente una serie ordinata di elementi numerici (1...2...3...4... ordinalità numerica) impedisce al bambino con difficoltà di assegnare a ciascun numero il suo posto nella scala numerica.

In questo modo non potrà essere appresa la cardinalità numerica, cioè il numero che indica la quantità di oggetti contenuti in un insieme finito



Questo ha per cardinale 6, il bambino riesce a comprendere ciò solo se è in grado di fare corrispondere a ciascuna stellina un particolare numero definito (corrispondenza biunivoca) e se avrà una sua serialità e ordinalità numerica (1...2...3...ecc.). In sé, infatti, la cardinalità numerica riassume sia le corrispondenze biunivoche che le sequenze ordinali.

L’educazione strutturo – ritmica favorisce nel bambino l’apprendimento dei prerequisiti che sono alla base del concetto numerico.

In ogni proposta strutturo – ritmica ci sono inferenze di corrispondenza biunivoca, classificazione, ordinalità e cardinalità; in tutto questo comunque c’è un vantaggio educativo e cioè che il bambino vive e sente concretamente ciò che fa, avendo maggiori possibilità di interiorizzazione.

Per quanto riguarda l’acquisizione di queste abilità numeriche tra gli studiosi esiste un generale accordo e cioè: i bambini possiedono abilità implicite, relative ai numeri, ben prima di imparare ad utilizzare i numeri nel contesto scolastico, Wynn (1998) afferma che la comprensione dei numeri è intrinseca alla struttura della nostra mente ed è pertanto innata. Inoltre, viene affermato che il conteggio costituisce il prerequisito fondamentale dell’apprendimento matematico, intendendo per conteggio non la ripetizione mnemonica come se fosse una filastrocca dei numeri che i bambini imparano molto presto, ma perché questa attività si configuri come un vero e proprio processo logico di conteggio, e si ponga quindi alla base dello sviluppo delle successive abilità di calcolo, è necessario che il bambino rispetti i principi del conteggio definiti da Gelman e Gallistel (1978) (D’amico, 2002), quali:

- Il principio dell’ordine stabile (il conteggio richiede una sequenza in un ordine fisso);
- Il principio uno a uno (ad ogni oggetto corrisponde una sola etichetta numerica);
- Il principio di cardinalità (l’ultimo numero contato corrisponde al numero totale di oggetti contati);
- Il principio di irrilevanza dell’ordine (gli oggetti possono essere contati in qualunque ordine);
- Il principio di astrazione (qualunque cosa può essere contata).

Per fare acquisire il concetto di cardinalità numerica potremmo operare in questo modo:

possiamo creare una orchestra ritmica a cui si richiedono esecuzioni strutturo – ritmiche di gruppo dove è necessario identificare con precisione aritmetica le sequenze ritmico – strumentali.

Utilizzando la codificazione grafico – visiva possiamo rappresentare una battuta isocrono – regolare con un quadrato (v), due battute veloci saranno rappresentate da due rettangoli che come somma di superficie corrispondono al quadrato (ζζ si spiegherà che l’intervallo temporale $v = \zeta\zeta$); tre battute ancora più veloci si rappresentano con tre rettangolini che come somma corrispondono al quadrato (ψψψ gli intervalli seguenti avranno, quindi, lo stesso valore nel tempo $v = \zeta\zeta = \psi\psi\psi$); per i tempi molto ravvicinati si sceglierà il codice composto da quattro quadratini (❖)
Quindi le uguaglianze complessive in termini temporali saranno:

$$v = \zeta\zeta = \psi\psi\psi = \text{❖}$$

I valori di pausa li possiamo contrassegnare con questo simbolo $_$ che corrisponde al valore isocrono del quadrato solo che il tempo, nel valore di pausa sarà vuoto cioè privo di battute.

Questa rappresentazione che risulta aritmicamente corretta può essere facilmente compresa anche dai bambini con difficoltà di apprendimento.

In questo i bambini possono realizzare semplici partiture strutturo – ritmiche che abbiano, nello stesso tempo, la caratteristica della precisione aritmetica ad esempio:

v v	v v	v v	v v	v v
_ v	v ζζ	ζζ ψψψ	ζζ -	v ❖

4.0 La Sperimentazione

4.1. Ipotesi sperimentale

Le ipotesi sperimentale della mia ricerca sono le seguenti:

H1: Quali sono le correlazioni tra lingua naturale, ritmo e matematica.

Riferendosi alle strutture logico–matematiche, l’educazione strutturo–ritmica favorisce nel bambino l’apprendimento dei prerequisiti che sono alla base del concetto di numero. In ogni proposta strutturo–ritmica ci sono inferenze di corrispondenza biunivoca, classificazione, ordinalità e cardinalità, in questo modo il bambino vive e sente concretamente ciò che fa, avendo maggiori possibilità di interiorizzazione⁴.

Come afferma lo studioso Cazzago l’educazione al ritmo costituisce uno dei cardini educativi fondamentale per l’organizzazione dei movimenti, della percezione uditiva e visiva, dello scorrere ordinato dei pensieri.

⁴ L’espressione interiorizzazione viene qui intesa anche come “apprendimento con tutto se stesso” quello che in inglese viene chiamato “**embodiment**” e che ha tutta una serie di riflessi sul versante delle ricerche neurofisiologiche.

“Non esiste alcuna azione, concreta o pensata, che prescindendo da una organizzazione strutturale di entità successive” (Cazzago, 1984).

Gli apprendimenti scolastici sono influenzati dalle correlazioni che si vengono a creare tra i vari elementi.

H2: Quali sono le implicazioni dell'educazione strutturo-ritmiche nell'apprendimento della matematica e viceversa.

Questa ipotesi è più specifica e risponde maggiormente al lavoro di ricerca e sperimentazione.

Con la mia attività ho cercato di capire quali sono le implicazioni di un'educazione strutturo-ritmiche che influenzano l'apprendimento della matematica nell'alunno della scuola elementare, e che favoriscono la **reversibilità del pensiero** (riuscire a tenere presente sul piano cosciente più entità per volta) **la flessibilità** (l'adattamento alle situazioni nuove), **l'originalità** (soluzioni problematiche divergenti ed efficaci).

4.2. Campione di ricerca

La sperimentazione è stata rivolta a sei classi del primo ciclo della scuola elementare.

Cinque classi di seconda elementare e una di prima (il questionario era adeguato alle capacità medie di un alunno di seconda elementare, ma si è pensato di somministrarlo anche ad una classe di prima elementare per vedere come rispondevano gli alunni alle situazioni-problema proposte, e fare un confronto tra le due sezioni).

L'età dei bambini è compresa tra i sei e gli otto anni provenienti da livelli socio-culturali diversi. Il questionario oggetto della sperimentazione è stato somministrato in due diverse scuole di Alcamo e precisamente l'Istituto comprensivo L. Pirandello e l'Istituto Lombardo Radice.

La ricerca è stata rivolta a 109 bambini.

4.3. La metodologia

Il fine della ricerca è quello di verificare quali sono le implicazioni dell'educazione strutturo-ritmiche nell'apprendimento della matematica.

Per questo motivo si è realizzato un test che propone una serie di item proprio con questo scopo.

In classe dopo una presentazione iniziale per preparare gli alunni, è stato spiegato che ciascuno che poteva svolgere il test con la massima tranquillità perché su quello non sarebbero stati valutati e inoltre era anonimo.

Si è preferito dopo la distribuzione del test leggere tutto il questionario alla classe e rispondere ad eventuali domande o richieste da parte degli alunni.

Nella classe prima è stata adoperata un'altra strategia, date le evidenti difficoltà che gli alunni hanno dimostrato, veniva letto l'esercizio, spiegato si rispondeva alle loro domande e dato un tot di tempo per eseguirlo poi veniva letto il secondo esercizio così fino alla fine.

4.4 Quali gli obiettivi dei singoli item proposti?

A) questo esercizio è importante per capire la capacità di operare TRASPOSIZIONI strutturo – ritmiche.

Sul piano metodologico – didattico è importante favorire costantemente trasposizioni strutturo – ritmiche fra i vari componenti⁵.

⁵ Vedi allegato.

B) Sono state proposte ai bambini serie algoritmiche per grande, piccolo... che nello spazio, corrisponde a forte, piano. Ciò che si vuole verificare con questo esercizio è se gli alunni riescono a tenere presenti le cellule algoritmiche e a ripeterle in forma ciclica⁶.

C) Questo è un classico esercizio nella quale si vuole verificare se l'alunno ha capacità ritmiche operando con i numeri⁷.

D) Anche questo esercizio vuole verificare le capacità ritmiche e logiche dell'alunno operando con i numeri e in particolare vuole verificare la capacità dell'alunno di inserire il cardinale secondo l'approccio ricorsivo⁸.

E) Con questo esercizio si vuole verificare la capacità del bambino di ripetere in forma ciclica una struttura e quindi di riprodurre un ritmo sia dal punto di vista grafico che numerico importante per verificare la capacità:

- Cardinale;
- Ordinale,
- E anche l'approccio ricorsivo⁹.

4.5 Analisi a-priori

La strutturazione dell'analisi a-priori dell'apparato sperimentale ha preso in considerazione:

- le rappresentazioni epistemologiche;
- le rappresentazioni storico-epistemologiche;
- i comportamenti ipotizzati degli allievi.

L'analisi a-priori però non presenta delle variabili specifiche che evidenziano il passaggio dal linguaggio aritmetico al linguaggio algebrico, piuttosto quelle che rappresentano il pensiero sistemico.

Nella risoluzione del problema con il foglio elettronico, le strategie (variabili) che il campione ha presentato sono le seguenti:

AM1 “ho contato gli oggetti e ho messo il risultato”.

AM2 “ho contato in avanti”.

AM3 “ho attribuito ad ogni simbolo una quantità”.

AM4 “ho guardato quante volte si ripetevano gli oggetti”.

AM5 “ho disegnato la quantità di oggetti proposti”.

AM6 “ho aggiunto uno per ogni simbolo e quindi ho raddoppiato il tutto”

BM1 “bisogna capire la forma e ricopiarla”

BM2 “ho continuato l'ordine e ripetuto le sequenze dei disegni”

BM3 “ho guardato l'esempio e ho seguito le istruzioni”.

BM4 “ho contato gli oggetti”.

⁶Vedi allegato.

⁷Vedi allegato.

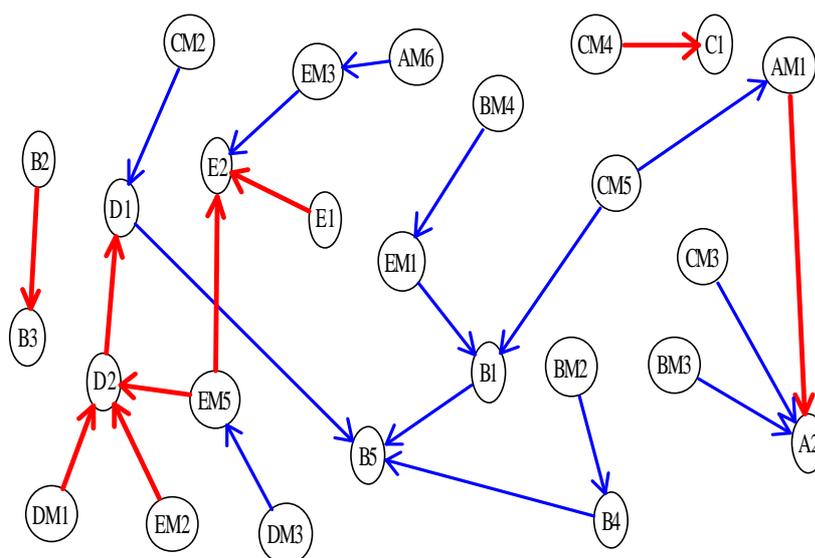
⁸Vedi allegato.

⁹Vedi allegato.

Dal grafico della similarità si evidenzia che:

- L’item **A1** (assegna ad ogni simbolo una quantità) è simile all’item **A2** in quanto l’esercizio è dello stesso genere e richiede le stesse abilità di trasposizione strutturo – ritmiche.
- Lo stesso vale per la serie di esercizi “Continua tu!” (**B1, B2, B3, B5**) che si trovano vicini tra di loro e che richiedono la capacità del bambino di tenere presenti delle cellule algoritmiche (grande – piccolo, pieno – vuoto...) e ripeterle in forma ciclica.
Si allontana l’item **B4** che trova similarità con la variabile **BM5** (ho guardato i disegni e li ho ricopiati uguali).
- Per quanto riguarda l’item **C1** (scrivi il comando che ti fa passare da un numero a quello seguente continuando fino a 0) trova similarità con la variabile **CM4** (ho utilizzato l’operatore -2 che mi fa arrivare a 0).
- Anche gli item **D1 e D2** (metti l’operatore corretto) sono simili tra di loro in quanto richiede le stesse abilità, cioè la capacità dell’alunno di inserire il cardinale secondo l’approccio ricorsivo.
- Lo stesso vale per **E1 e E2**, item che richiedono la capacità del bambino di ripetere in forma ciclica una struttura, cioè di riprodurre un ritmo sia dal punto di vista grafico che numerico.

Il grafico implicativo



Graphe implicatif : A:\music1.csv

99 95 90 85

Dal grafico delle implicazioni si evidenzia che:

1. L'item **B2** (continua tu! Questo esercizio richiede la capacità di tenere presenti le cellule algoritmiche e ripeterle ciclicamente, la dimensione da tenere presente è quella cromatica) implica la variabile **B3** (lo stesso esercizio, continua tu! Ma la variabile da tenere in considerazione è pieno-vuoto).
2. L'item **D2** (metti l'operatore corretto) implica le variabili **DM1** (ho contato e messo l'operatore che addizionato al precedente mi dava il risultato finale), **EM2** (ho fatto le addizioni) ed **EM5** (ho ricopiato le sequenze per arrivare al risultato finale).
3. L'item **D1** (metti l'operatore corretto) implica le variabili **D2** (metti l'operatore corretto) e **CM2** (ho seguito la sequenza di due come nell'esempio).
4. L'item **E2** (considerato che il valore del cerchietto piccolo è 1 e del cerchietto grande è 2, continua la serie che ti viene proposta) implica le variabili **EM5** (ho ricopiato la sequenza per arrivare al risultato finale), **EM3** (ho attribuito un valore diverso alla pallina grande (2) e alla pallina piccola (1) e le ho contate per arrivare al risultato finale) e l'item **E1** (lo stesso item ma con una sequenza diversa).
5. L'item **B5** (Continua tu! Questo esercizio richiede la capacità di tenere presenti le cellule algoritmiche e ripeterle ciclicamente, la dimensione da tenere presente è largo – stretto) implica gli item **D1** (metti l'operatore corretto) **B1** (lo stesso item “Continua tu!” la dimensione da tenere presente è grande – piccolo) **B4** (lo stesso item, “Continua tu!” la dimensione da tenere presente è lungo – corto).
6. L'item **A2** (assegna ad ogni simbolo una quantità) implica le variabili **BM3** (ho guardato l'esempio e ho seguito le istruzioni), **CM3** (ho fatto il calcolo utilizzando la tabellina del due) **AM1** (ho contato gli oggetti e ho messo il risultato).
7. La variabile **AM3** (ho attribuito ad ogni simbolo una quantità) implica la variabile **AM6** (ho aggiunto uno ad ogni simbolo e quindi ho raddoppiato il tutto).
8. La variabile **EM1** (ho contato per arrivare al risultato finale) implica la variabile **BM4** (ho contato gli oggetti).
9. La variabile **EM5** (ho ricopiato la sequenza per arrivare al risultato finale) implica la variabile **DM3** (ho seguito la sequenza).
10. L'item **B1** (Continua tu! Questo esercizio richiede la capacità di tenere presenti le cellule algoritmiche e ripeterle ciclicamente, la dimensione da tenere presente è grande – piccolo) implica le variabili **EM1** (ho contato per arrivare al risultato finale) e **CM5** ho contato all'indietro saltando un numero e scrivendo l'altro).
11. L'item **B4** (Continua tu! Questo esercizio richiede la capacità di tenere presenti le cellule algoritmiche e ripeterle ciclicamente, la dimensione da tenere presente è lungo – corto) implica la variabile **BM2** (ho continuato l'ordine e ripetuto le sequenze dei disegni).

12. La variabile **AM1** (ho contato gli oggetti e ho messo il risultato) implica la variabile **CM5** (ho contato all’indietro saltando un numero e scrivendo l’altro).
13. L’item **C1** (scrivi il numero che ti fa passare da un numero a quello seguente) implica la variabile **CM4** (ho utilizzato l’operatore -2 che mi fa arrivare a 0).

6.0 Conclusioni

Dall’analisi dei dati sperimentali si evidenzia che quasi tutti gli alunni, il 98% circa, sono riusciti a rispondere correttamente al primo item (A1 e A2) che richiedeva la capacità di trasposizioni strutturo – ritmiche. Sappiamo, infatti, che le strutture ed i ritmi sono trasponibili facilmente da un piano all’altro.

Questo esercizio dimostra la capacità del bambino di astrarre dati simbolici partendo da attività vissute e viceversa.

Questi processi di codificazione e decodificazione sono alla base delle genesi rappresentative fondando i cardini degli apprendimenti strumentali (leggere – scrivere – far di conto).

Infatti, nel corso del suo iter scolastico, il bambino dovrà spesso ordinarsi a codificare e decodificare; la scrittura è una forma di codificazione dei contenuti di pensiero in termini grafici; la lettura è una decodificazione che dal grafema risale al significato astratto dei termini; alla stessa maniera, la conquista del concetto numerico muove dalla capacità di codificazione (assegnare un simbolo ad una certa quantità di oggetti ad esempio ☹☹☹=3) e di decodificare (il processo inverso: cioè partire dal simbolo e riportarsi alla quantità concrete ad esempio $3 = \text{☹☹☹}$).

La seconda serie di item (B1, B2, B3, B4, B5) è stato risolto correttamente dalla maggior parte degli alunni, particolare difficoltà è stata evidenziata nell’item B2 dove la cellula algoritmica da ripetere ciclicamente è quella cromatica. La tendenza era quella di ripetere più volte lo stesso colore iniziale.

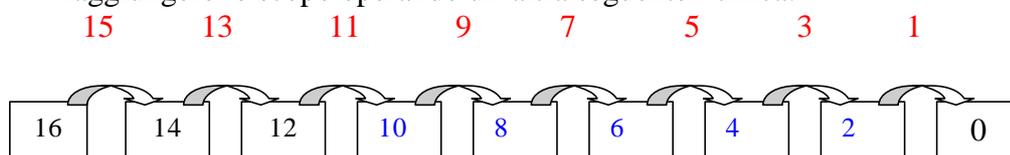
Questo dimostra una certa difficoltà a comprendere le caratteristiche precipue della struttura o del contenuto ritmico che si vuole riprodurre.

In questa fase è importante privilegiare l’esplorazione spontanea del bambino, purché questa risulti relazionata al contenuto strutturo – ritmico da apprendere.

È bene che in questi casi l’insegnante arricchisca l’attività spontanea del bambino con proposte ludiche che allargheranno il campo educativo, invitando il bambino a non fissarsi su piani stereotipi, in modo tale che l’alunno abbia un chiaro concetto del contenuto strutturo – ritmico da apprendere, unitamente al possesso di alcune possibilità di svolgimento del medesimo sul piano pratico.

All’item C hanno risposto correttamente il 40% degli alunni, nonostante l’esercizio non richiedesse particolari requisiti. L’errore più frequente è stato nella scrittura del comando (-2), la tendenza, infatti, era quella di scrivere il numero precedente al primo e seguente al secondo.

Questo dimostra che gli alunni hanno compreso che scopo dell’item era di arrivare a 0 ma non hanno capito, o non sono riusciti ad eseguire l’esercizio secondo la consegna, il fine dell’esercizio era quello di verificare la capacità dell’alunno operando con i numeri, la maggior parte degli alunni, però, anche se non ha eseguito la consegna è riuscita a raggiungere lo scopo operando un’altra seguente ritmica:



Questo dimostra, secondo un'altra variabile, le capacità ritmiche degli allievi operando con i numeri.

Alla serie di item D hanno risposto correttamente a D1 l'80% circa degli alunni e a D2 il 63% circa degli alunni. Una percentuale a mio parere abbastanza alta considerate le difficoltà che hanno dichiarato i bambini durante la presentazione dell'esercizio.

Questo esercizio richiedeva particolari capacità dell'alunno di inserire il cardinale secondo l'approccio ricorsivo.

Questo è stato uno degli item a cui ogni alunno si è maggiormente soffermato a riflettere, di certo molte strategie utilizzate non sono state corrette, ma dimostrano una certa capacità di ragionamento. In generale è stata dimostrata la capacità di mantenere sul piano cosciente una serie ordinata di elementi numerici e che quindi la cardinalità numerica è stata appresa.

Infine, nell'ultima serie di item E hanno risposto correttamente a E1 il 46% circa degli alunni e ad E2 il 47% circa.

Questo esercizio richiedeva la capacità di ripetere in forma ciclica una struttura e quindi riprodurre un ritmo sia dal punto di vista grafico che numerico.

Come abbiamo già detto la struttura è una relazione spazio – temporale che collega in un determinato modo insiemi di oggetti, battute, azioni e pensieri tra di loro.

L'esercizio si doveva collegare ad una simbolizzazione grafico – visiva (la pallina) con i numeri, quindi l'unione di due diverse strutture che ripetute ciclicamente diventavano ritmo.

Questo tipo di esercizio può essere utilizzato in classe per l'educazione musicale, infatti, la struttura così presentata può essere riprodotta come struttura sonora utilizzando ad esempio uno strumento a percussione o semplicemente la battuta delle mani, memorizzando che il cerchietto grande vale due battute, mentre il cerchietto piccolo una sola battuta, queste strutture man mano possono diventare sempre più complesse, si possono inserire le pause, possono essere eseguite in polifonia da più orchestre ritmiche.

Scopo di tutto il lavoro è quello di capire quali sono le correlazioni tra il ritmo e la matematica; e lo studio della matematica secondo una prospettiva diversa rispetto al solito apprendimento scolastico.

La ricerca ho voluto mettere in evidenza i legami tra le due discipline e sperimentare un aspetto; quello dell'apprendimento dei numeri naturali nella prospettiva dell'educazione struttura – ritmica.

Mediante la sperimentazione in classe, come già è stato evidenziato, si è avuta la possibilità di rilevare che l'apprendimento dell'educazione struttura - ritmica è uno strumento educativo di notevole interesse per orientare la strutturazione del pensiero e favore nel bambino l'apprendimento dei prerequisiti che sono alla base del concetto numerico.

Le attività ritmiche fatte durante le ore di educazione musicale diventano un prerequisito fondamentale per l'apprendimento della matematica, e allo stesso modo lo studio della matematica e di tutti i suoi principi diventano prerequisiti essenziali per l'educazione musicale.

6.2 PROBLEMI APERTI

- Dopo aver verificato il legame tra musica e matematica, bisognerebbe verificare cosa fa' la scuola per creare un ambiente adatto ad operare in questo senso.

- Abbiamo verificato il legame tra la musica e la matematica, ma qual è la consapevolezza da parte degli alunni?
- Quali metodologie sono adatte per un apprendimento della matematica senza automatismi e rendendola più “divertente”, creativa e stimolante per gli alunni?
- Matematica, musica educazione strutturo-ritmica, come vivono gli insegnanti una nuova prospettiva di studio della matematica abbinata all’educazione musicale? Considerazioni, interventi, riflessioni.
- Cosa si fa a scuola per operare l’interdisciplinarietà delle materie?

ALLEGATO

Alunno:.....

SVOLGI I SEGUENTI ESERCIZI

A) Assegna ad ogni simbolo una quantità.

A1)  =

A2) = 

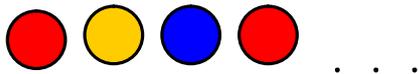
AM) PERCHE' hai risposto così:
.....

B) Continua tu...

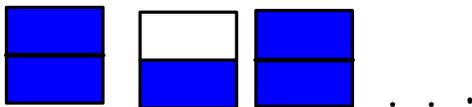
B1)



B2)



B3)



B4)



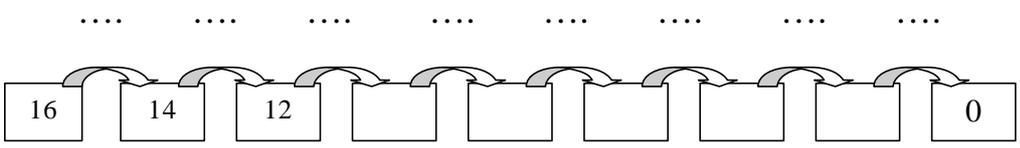
B5)



BM) PERCHE' hai risposto così:
.....

C) Quale comando vi fa passare da un numero a quello seguente? Scrivetelo sulla freccia e continuate la sequenza fino a 0.

C1)

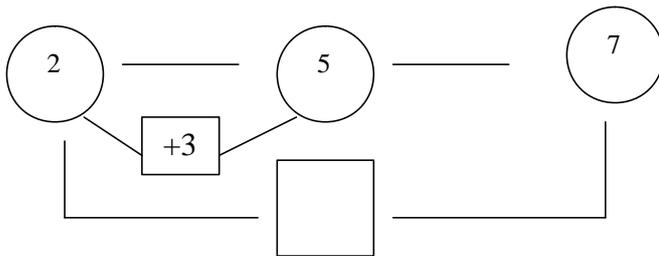


CM) PERCHE' hai risposto così:

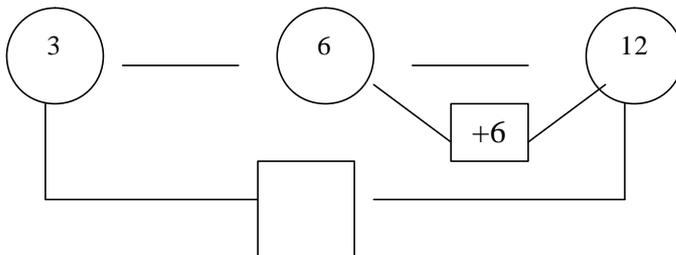
.....D)

Metti l'operatore corretto

D1)



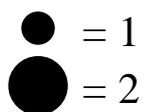
D2)



DM) PERCHE' hai risposto così:

.....E)

considerato che il valore del cerchietto piccolo è 1 e del cerchietto grande è 2



Risolvi l'esercizio come nell'esempio:

ESEMPIO:

$$\bullet + \bullet\bullet$$

$$1 + 2$$

$$\bullet + \bullet\bullet + \bullet + \bullet\bullet = 6$$

$$1 + 2 + 1 + 2 = 6$$

Ora continua tu...

E1)

$$\begin{array}{ccccccc} \bullet & + & \bullet & + & \bullet & + & \bullet \\ 2 & & 1 & & 1 & & 1 \end{array}$$

.....
.....=10

E2)

$$\begin{array}{ccccccc} \bullet & + & \bullet & + & \bullet \\ 2 & & 2 & & 1 \end{array}$$

.....
.....= 10

EM) PERCHE' hai risposto così:

.....
.....

BIBLIOGRAFIA

- **Babbitt M.** (1960), “Twelve-Tone Invariants as Compositional Determinants”, *The Musical Quarterly* 46, No.2.
- **Babbitt M.** (1961), “Set Structure as a Compositional Determinants”, *Journal of Music Theory* 5, No.1.
- **Bach J. S.**(1952), *Musikalisches Opfer Londra*, Ed. Bosey & Hawkes.
- **Barthes**, *Elementi di semiologia*, Ed. Einaudi
- **Basso A.** (1985), *L'età di Bach e di Haendel*, Storia Della Musica a cura della Società Italiana di Musicologia Torino, E.D.T.
- **Calabrese L.** (1974), *L'apprendimento motorio fra i 5 e i 10 anni*, Roma, Amando Armando.
- **Carner M.** (1983), *Alban Berg: The Man and Work*, Holmes and Meier Pub.
- **Cazzago P.** (1984), *Psicomotricità e spazio – tempo, strutture e ritmi*, Brescia, Editrice la Scuola.
- **Chailley J.**(1982), *Nombres et symboles dans le langage de la musique*, Firmin-Didot, Paris.
- **Coxeter, Harold Scott Macdonald** (1961), *Introduction to geometry*, London, John Wiley.
- **D'Amico A.**(2002), *Lettura scrittura calcolo, processi cognitivi e disturbi dell'apprendimento*, Modica, Edizioni Carlo amore.
- **Emmer M.** (1998), *Matematica e Cultura*, Milano, Adelphi, 1994 Atti del Convegno di Venezia, 1997, Milano, Springer.
- **Forte A.**(1983), *The structure of Atonal Music*, Yale University Press.
- **Franchi G.** (1990), *La matematica nella scuola elementare*, Brescia, La Scuola.
- **Furinghetti F.** (1990), *Matematica oggi, dalle idee alla scuola*, Mondadori, Genova.
- **Furtwängler W.**, *Dialoghi sulla Musica*, Ed. Curci, Milano
- **Furtwängler W.**, *Scritti sulla Musica*, E. Ansermet, Ed. Curci, Milano
- **Garzantina della Musica** (1999), Ed. Garzanti, Genova,
- **Giamblico** (1991), *Vita di Pitagora* (Bur classici greci e latini), Rizzoli.
- **Grattan-Guinness** (1996), *Mozart 18, Beethoven 32: Hidden Shadows of Integers in Classical Music*, History of Mathematics: States of the Art, Accademic Press.
- **Hofstadter Douglas R.** (1994), *Godel, Escher, Bach: un' Eterna Ghirlanda Brillante*, Milano, Adelphi.
- **Iannis Xenakis** (1985), *Musica – Architettura*, Milano, Spirali Edizioni.
- **“I Programmi Didattici per la Scuola Primaria”** (1985), in *M.P.I., Decreto de presidente della Repubblica 12 febbraio 1985 n°104 pubblicato nel supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale” n°76 del 29 marzo 1985, Roma, Istituto poligrafico e Zecca dello Stato, 29-42*
- **Karolyi Otto** (1969), *La grammatica della musica*, Torino, Einaudi.
- LA NUOVA ENCICLOPEDIA DELLA MUSICA GARZANTI, Milano, Garzanti Editore, 1993
- **Lostia M.**, *Musica e Psicologia*, Ed. Franco Angeli
- **Messiaen O.** (1944), *Technique de mon langage musical*, Alphonse Leduc, Paris.
- **Messiaen O.**, *Traité de rythme, de couleur et d'ornithologie*, 7 tomi, Alphonse Leduc, Paris.
- **Mogon S.** (1985), *Obiettivo scuola idee ed itinerari didattici, classe prima. Parte Prima*, Bergamo, Istituto italiano Edizioni Atlas.
- **Mogon S.**(1985), *Obiettivo scuola idee ed itinerari didattici, classe prima. Parte Seconda*, Bergamo, Istituto italiano Edizioni Atlas.
- **Nattiez**, *Il Discorso Musicale*, Ed. Einaudi
- **Nattiez**, *Musicologia Generale e Semiologica*, Ed. EDT
- **Odifreddi P.**, La Stampa, giovedì 7 maggio 1998, La matematica dell'armonia.
- **Petter G.** (2002), *La mente efficiente, le condizioni che ostacolano o favoriscono l'attività del pensiero*, Prato, Giunti.
- **Rameau J. Ph.**(1967), *Complete Theoretical writings*, ed R. Jacobi, facsimile delle edizioni originali, the American Institute of Musicology.
- **Romano A.**, *Musica e Psiche*, Ed. Bollati-Boringhieri
- **Rossi L.** (1977), *Teoria Musicale*, Bergamo, Edizioni Carrara.

- **Samuel C.** (1990), *Permanences d'Olivier O Messiaen (Dialogues et commentaires)*, Actes Sud.
- **Spagnolo F.** (1998), *Insegnare le matematiche nella scuola secondaria*, Firenze, La Nuova Italia .
- UTET – Dizionario Enciclopedico (voce: Linguaggio)
- **Van Houten K. and Kasbergen M.** (1985), *Bach en het getal. Een onderzoek naar de getallensymboliek en de Esoterische Achtergronden hiervan in het werk van Johann Sebastian Bach.* Zutphen.

SITOGRAFIA

- **Musical Generator** - Software shareware di sintesi sonora da frattali
- <http://www.musoft-builders/links/amg.shtml>
- **Fractint Software** - Software freeware di generazione di frattali
- <http://spanky.triumf.ca/www/fractint/fractint.html>
- **Music by Numbers** - software di generazione musicale auto-similare
- <http://www.forwiss.uni-erlangen.de/~kinderma/musinum/musinum.html>
- **Fractal Music Lab** Laboratorio di Musica Frattale
- <http://members.aol.com/strohbeen/fml.html>
- **The Well Tempered Fractal** software di composizione musicale frattale
- <http://www-ks.rus.uni-stuttgart.de/people/schulz/fmusic/wtf>
- **The Fractal Microscope** Microscopio Frattale
- <http://storm.shodor.org/mandy>
- **Test Fractal Generator**
- <http://www.pangloss.com/seidel/Frac/>
- **Colloquium di Matematica**
- <http://riemann.unica.it/attivita/colloquium/>
- <http://riemann.unica.it/attivita/colloquium/cadeddu/musicamatematica/>
- <http://riemann.unica.it/attivita/colloquium/cadeddu/musicamatematica/index1.html>
- [www.intelligenzartificiale.com/_archivio/ la%20vita%20artificiale.htm](http://www.intelligenzartificiale.com/_archivio/la%20vita%20artificiale.htm) –
- <http://lgxserver.uniba.it/lei/filmusica/fmintro.htm> –
- [http://mathsun1.univ.trieste.it/divulgazione/ resocontoMetamorfosi.html](http://mathsun1.univ.trieste.it/divulgazione/resocontoMetamorfosi.html) –
- www.risma.unina.it/conc2.htm –
- www.risma.unina.it/mia4.html -
- <http://matematica.uni-bocconi.it/odifreddi/glass.htm> –
- www.einaudi.it/einaudi/ita/news/can4/87-170.jsp
- <http://www.ce.unipr.it/people/braffi/fondinfo/Excel/intro.html>
- <http://dipmat.math.unipa.it/>
- www.archinfo.it
- www.muspe.unibo.it
- www.antonelladimartino.it
- www.extramuseum.it
- www.mat.uniroma3.it
- Ettore Carta: www.riemann.unica.it